ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1961.

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY, PUIS DE M. LOUIS HACKSPILL.

Compte rendu de la XXI[e] *Conférence de l'Union internationale de Chimie pure et appliquée,* par M. GEORGES CHAUDRON (*).

Du 2 au 5 août s'est tenue à Montréal la 21[e] Conférence de l'Union internationale de Chimie pure et appliquée. La délégation française, constituée par l'Académie dans sa séance du 29 mai dernier a pris une part importante aux réunions des sections et du Conseil.

Il est impossible de donner dans les détails une analyse des rapports des différentes commissions. Nous noterons cependant une recommandation de la Section de Chimie minérale pour adopter la valeur 12,000 pour le poids atomique du carbone qui est choisi désormais comme base de l'échelle des poids atomiques.

La section de Chimie physique s'est occupée particulièrement de la définition des unités. Notre confrère Jean Lecomte a fait remarquer que la France était probablement le seul pays dans lequel un décret gouvernemental avait considéré, du point de vue officiel, le système d'unités à utiliser. Il a rappelé en séance plénière les initiatives prises par notre pays pour la mise en œuvre du système métrique.

La Commission des Hautes températures a pris l'initiative d'une réunion à Londres, en 1963, pour l'étude des chalumeaux à plasmas et de leurs applications.

On notera toutefois que le développement extrêmement rapide des sciences chimiques et de leurs applications qui demande constamment une augmentation du nombre des membres et des commissions place l'Union dans une situation difficile. Il peut en effet résulter de ce développement des dépenses considérables sans qu'on trouve immédiatement les ressources correspondantes.

D'autre part, les élections pour remplacer dans le Bureau les membres sortants ont parfois donné lieu à une vive compétition et sans aucun doute

il sera nécessaire de réviser les statuts pour éviter des nominations qui n'auraient que peu de rapports avec les intérêts supérieurs de la Chimie.

En dehors de la langue anglaise qui a tenu dans cette conférence le rôle le plus important, le français a été de plus en plus employé à mesure que la session s'orientait vers ses conclusions. Le Professeur Noyes, Président de l'Union, qui manie la langue française avec une grande aisance, a maintes fois repris en français les discussions, pour apporter plus de précision et de clarté.

Les membres de notre délégation reçurent de leurs collègues canadiens l'accueil le plus parfait. Ils eurent également la grande satisfaction de visiter les belles Universités de Québec et de Montréal qui se développent actuellement d'une façon magnifique.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la Cérémonie, organisée par l'**Académie des sciences, lettres et arts** et l'**Université de Padoue**, le 10 décembre 1961, à l'occasion du 2e centenaire de la mort de **Giovanni Poleni**, qui fut associé étranger de l'Académie royale des sciences de Paris.

A la demande de l'auteur, le pli cacheté accepté en la séance du 24 avril 1961 et enregistré sous le nº 14 204, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de géométrie.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

M. **Abilio Fernandes** adresse en hommage à l'Académie un fascicule intitulé : *Sur un gène contrôlant la taille des chromosomes à la première mitose du pollen.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1º Délégation générale à la recherche scientifique et technique. *Le Progrès scientifique : La recherche spatiale.*

2º Commissariat à l'énergie atomique. *Les mécanismes de déformation et de recristallisation des monocristaux imparfaits d'uranium*, par Daniel Calais — *Étude de circuits de commutation destinés à la sécurité des réacteurs nucléaires*, par Vartan Hantcherian. — *La gammascintigraphie*, par Hippolyte-Alex Desgrez (Thèse, Paris).

3° *Catalogue photographique du ciel. Zone Uccle-Paris. Déclinaisons entre* + 33° et +36°. Volume I. *Coordonnées rectilignes des étoiles des clichés centrés sur la déclinaison* +34° (1900,0).

4° Flore générale de Belgique. *Spermatophytes.* Volume IV. Fascicule 1, par André Lawalrée. *Anthyllis*, par James Cullen.

5° António Gião. *Thermodynamic expressions of fluid motion and their applications. — On the formation of the arms of the spiral galaxies. — Cinématique et dynamique de l'espace en rotation.*

6° *Het brood in de Nederlandse voeding. Een literatuurstudie over de samenstelling en voedingswaarde van tarwe, meel en brood.* (*Le pain dans l'alimentation néerlandaise. Étude critique des ouvrages écrits à ce sujet avec bibliographie détaillée*).

7° *Festschrift zum 150 Jährigen bestehen des Verlages und des graphischen Betriebes B. G. Teubner, Leipzig.*

8° *Index of publications of the geological survey of Canada* (1845-1958), by A. G. Johnston.

9° United Kingdom atomic energy authority. *Calder Hall.*

10° *Journal of mathematics of Kyoto University.* Volume I, Number 1.

11° Florencio Bustinza Lachiondo. *Diez años de amistad con Sir Alexander Fleming.* Prólogo por Pedro Lain Entralgo.

12° U. Ch. Baïtchoura. *Zvoukovoĭ stroĭ Tatarskogo jazyka* (*Structure phonique du langage Tatare*) I.

13° M. V. Markov. *Zlaki Tatarskoĭ A.S.S.R.* (*Opredelitel'*). (*Graminées de Tatarie*). (*Nomenclature*).

14° L. G. Berg, S. D. Gromakov, I. V. Zoroatskaja, I. N. Averko-Antonovitch. *Sposoby podbora koeffitsientov v khimitcheskikh ouravnenijakh* (*Méthodes de sélection des coefficients dans les équations chimiques*).

15° Université de Moscou. *Paleogeografija tchetvertitchnogo perioda S.S.S.R.* (*k VI kongressu INKVA v Pol'che*) (*Paléogéographie de la période quaternaire en U.R.S.S.*) (*pour le VIe Congrès international de l'Association pour l'étude du quaternaire en Pologne*).

16° Id. Faculté de chimie. *Khimija belka.* Tome I. (*Chimie de l'albumine*).

17° Id. Faculté de biologie et de pédologie. *Morfogenez rasteniĭ* (*Morphogenèse des végétaux*). Tomes I et II.

18° *Issledovanija v oblasti khimii urana* (*Recherches dans le domaine de la chimie de l'uranium*), Directeur : Vikt. I. Spitsyn.

19° Ivan Vasil'evitch Popov. *Injenernaja geologija S.S.S.R.* (*Géologie appliquée*). I.

20° Vladimir Vasil'evitch Drouchtchits, Tamara Antonovna Iakoubovskaja. *Paleobotanitcheskiĭ atlas* (*Atlas paléobotanique*).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre de la section de médecine et chirurgie en remplacement de M. *Louis Bazy*, décédé.

Le nombre de votants étant 67, le scrutin donne les résultats suivants :

M. Henri Mondor obtient.......	41	suffrages
M. Paul Funck-Brentano.......	5	»
M. Robert Merle d'Aubigné.....	3	»

Il y a 18 bulletins blancs.

M. Henri Mondor, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

Par la majorité absolue des suffrages, M. Stig Veibel est élu Correspondant pour la section de chimie en remplacement de M. *Hilmar Johannes Backer*, décédé.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ENTOMOLOGIE. — *La régénération alaire chez les Blattides (Insectes Blattoptéroïdes Dictyoptères).* Note (*) de MM. **Raymond-Alfred Poisson** et **Jean-Claude Lefeuvre.**

Des études expérimentales sur le développement des ailes chez les Blattides nous ont amenés à examiner, chez ces Insectes, l'ampleur des phénomènes de régénération du complexe alaire, particulièrement chez l'un d'entre eux : *Blabera craniifer* Burm.

Nous avons tout d'abord pratiqué des sections de fourreaux alaires méso et métathoraciques chez des larves de l'avant-dernier et du dernier stade du développement post-embryonnaire. Ces sections ont été faites le long de la trachée basale alaire, laquelle, comme l'indique Sellier ([1]), peut être considérée comme la limite ébauche alaire-segment ptérothoracique.

La régénération des ailes a été peu étudiée chez les Orthoptéroïdes ([2]). Elle se traduit par des phénomènes qui semblent généraux. Il est constaté :

a. Au point de vue des processus ontogéniques, un allongement des intermues et l'*accroissement du nombre des mues*, comme chez un Insecte ayant subi une greffe ou une opération plus bénigne, telle qu'une simple incision de l'ébauche alaire, ainsi que le montre le tableau suivant.

Tableau donnant la durée des intermues des larves opérées de Blabera.

(Durée moyenne de l'avant-dernier stade de développement larvaire : 50 jours et du dernier stade : 60 jours chez des larves non opérées. Ces nombres ne sont donnés qu'à titre indicatif, en fonction du stade auquel les larves ci-dessous ont été opérées.)

Caractéristique de la larve opérée.	Opération.	Durée de la 1re intermue post-opératoire (jours).	2e intermue (jours).	3e intermue (jours).	Nombre de mues supplémentaires.
Stade 10 ♂ (dernier stade).	Inversion des ébauches alaires	107	91	49	2
Stade 9 ♂ (dernier stade).	Section des ébauches alaires du côté gauche	102	50	–	1
Avant-dernier stade ♂....	Section des ébauches alaires du côté gauche	56	54	44	1
Avant-dernier stade ♀....	Section entre champ anal et cubital du côté gauche	69	85	49	1

b. En ce qui concerne la régénération de l'organe amputé, une nécrose, peu étendue, au voisinage immédiat de la région opérée, puis la formation d'un régénérat, de faible dimension, à la mue suivant l'opération. Ce régénérat s'accroît au cours de *mues supplémentaires* et atteint une longueur et une morphologie voisines de celles des ébauches alaires, conservées comme témoins du côté droit.

A la mue imaginale, les ailes antérieures et postérieures, régénérées, diffèrent des ailes témoins par une taille moindre, ce qui est la règle et a été souligné maintes fois à propos de la régénération d'appendices chez les Insectes ([3]), ([4]). De nombreuses nervures longitudinales suivent un trajet capricieux présentant de multiples anastomoses. Le réseau nervuraire distal est souvent très caractéristique, ses mailles sont polygonales, rappelant curieusement, chez certains individus opérés, celui de quelques Protoblattoïdes du Primaire ou d'Odonates alors que, chez les Blattides actuels, les nervures transverses forment, en s'associant aux nervures longitudinales, des mailles rectangulaires.

Ce fait mérite de retenir l'attention car Smart ([5]), pratiquant une section des principaux troncs trachéens (moins la trachée anale) d'une ébauche alaire mésothoracique d'un avant-dernier stade de *Periplaneta americana*, a montré qu'à la mue suivante, la régénération du système trachéen se traduit, entre autres, par la multiplication de nombreuses trachéoles dont quelques-unes s'anastomosent, accompagnée du remplacement de certaines trachées détruites, dans un champ alaire donné, par des trachées étrangères à cette région. Cet auteur remarque que ces trachées en croisent très souvent d'autres et il conclut : « *The condition of one trachea crossing another, a feature of the tracheation of the wings of the anisopterid dragonflies, can be induced experimentally* ».

Ces variations du réseau trachéen auraient-elles abouti à la formation, chez l'imago, d'un réseau nervuraire analogue à celui d'une aile régénérée? Nous essayons actuellement de le vérifier. Cela permettrait en effet de confirmer en partie l'hypothèse de Comstock et Needham ([6]) qui pensent que les nervures principales longitudinales sont, ou au moins ont été, à un moment de leur histoire phylogénétique, formées par l'interaction de l'épiderme de l'aile sur les trachées longitudinales.

Notons à ce propos que si, chez le termite *Calotermes flavicollis*, les nerfs alaires semblent précéder au cours de l'ontogenèse les trachées alaires dans l'ébauche ([7]) et, par là même, jouer un rôle important dans l'établissement de la nervation, il ne paraît pas en être ainsi chez les *Blattidæ* ([8]). Il existe, en effet, chez ces Insectes, une trachée par nervure; ce qui n'est pas le cas pour les nerfs, en particulier dans la région anale de l'aile métathoracique.

Ces variations nervuraires mises à part, nous avons obtenu, chez *Blabera*, des organes de vol dont l'allure générale, le champ anal (si caractéristique dans l'une et l'autre aile), le champ jugal, les sclérites alaires, la coloration

du champ huméral de l'aile antérieure, restent très voisins de ceux des ailes normales. Megusar (9), chez *Blatta*, est parvenu à des résultats quelque peu différents que nous discuterons dans un autre travail.

Seuls, des facteurs tels que la fragilité de la région distale de ces régénérats, l'élévation de la pression sanguine, due sans doute en partie à leur taille plus faible que celle des ailes du côté droit, gardées comme témoins, peuvent provoquer des lésions après la mue imaginale, lors du déplissement. Cela se traduit alors par des thromboses, ou par l'allure chiffonnée des ailes, surtout métathoraciques. Il faut considérer que, malgré l'âge de la larve sur laquelle est pratiquée l'intervention, les résultats obtenus montrent que la potentialité des cellules de l'ébauche alaire reste importante. Si dans un cas d'ablation simple, on peut supposer que ce sont les cellules de l'ébauche situées le long de la trachée alaire et du nerf alaire qui participent le plus activement à la régénération, elles ne sont pas les seules à en posséder le pouvoir. En effet, lors d'une greffe d'ébauche mésothoracique sur le métathorax (l'ébauche métathoracique ayant été sectionnée), nous avons obtenu une tegmina régénérée sur le mésothorax et une autre sur le métathorax (10), donc à partir de cellules plus proximales qui, restées en place sur le mésothorax, n'auraient normalement participé qu'à la formation d'une seule tegmina. Cela montre aussi que ces cellules ne manifestent leur activité que dans un sens déterminé, *irréversible*, puisque greffées sur le métathorax, elles ne peuvent former qu'une aile mésothoracique (10).

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) R. SELLIER, *Ann. Sc. Nat. Zool.*, Paris, 16, 1955, p. 595-740.
(2) L. CHOPARD, *Biologie des Orthoptères*, Lechevalier, Paris, 1938, p. 333.
(3) J. MILLOT, *Cicatrisation et régénération*, A. Colin, Paris, 1931.
(4) M. ABELOOS, *La régénération*, Gauthier-Villars, Paris, 1932.
(5) J. SMART, *Quart. J. Microsc. Sc.*, 97, part 4, 1956, p. 535-539.
(6) J. M. COMSTOCK, *The wings of insects*, Ithaca, New-York, 1918.
(7) G. RICHARD, *Insectes sociaux*, 1, 1954, p. 177-187.
(8) J. C. LEFEUVRE, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 755.
(9) F. MEGUSAR, *Arch. Entw. Mech.*, 29, 1910, p. 499-588.
(10) R. A. POISSON et J. C. LEFEUVRE, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2023.

(*Laboratoire de Zoologie générale, Faculté des Sciences, Rennes.*)

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Le problème de la remise en circulation des lymphocytes sanguins au niveau du tissu ganglionnaire; Étude au microscope électronique.* Note (*) de MM. **Albert Policard, André Collet** et **Jean-Charles Martin** ([1]).

Au niveau de certains capillaires des ganglions lymphatiques, la microscopie électronique démontre la diapédèse de lymphocytes du sang vers le tissu lymphoïde et la lymphe, à travers la paroi de certains capillaires, ce qui indique l'existence d'une recirculation des lymphocytes au niveau des ganglions.

Un problème difficile de la physiologie ganglionnaire est celui de l'explication de la teneur constante du sang normal en lymphocytes. Le canal thoracique et les gros vaisseaux lymphatiques déversent quotidiennement dans la circulation une quantité considérable de lymphocytes. Le taux de ces éléments étant, par contre, assez constant dans le sang, il faut admettre soit que de nombreux lymphocytes disparaissent en tant que tels (par dégénérescence ou par passage dans d'autres tissus, le tissu conjonctif ou la moelle osseuse par exemple, où ils évoluent en d'autres types cellulaires), ou bien que des lymphocytes repassent, dans le tissu ganglionnaire, du sang dans la lymphe et ainsi retournent au sang. Ces processus pourraient jouer simultanément.

Le premier a été postulé, il y a longtemps, par Sjövall ([2]). Il a, en général, été accueilli peu favorablement. Plus récemment, la question a été reprise par divers chercheurs [*cf.* Yoffey ([3])]. Ceux-ci ont montré la nécessité de faire intervenir une telle recirculation des lymphocytes pour expliquer de nombreux phénomènes hématologiques ou immunologiques.

Au cours de récentes recherches sur l'infrastructure des ganglions lymphoïdes, nous avons été amenés à faire diverses constatations semblant bien démontrer le passage normal, dans le tissu ganglionnaire, de lymphocytes apportés par le sang, par conséquent la réalité d'une telle recirculation de ces lymphocytes.

En étudiant, au microscope électronique, par la technique habituelle, les dispositifs vasculaires des ganglions (poplités et médiastinaux) chez le Rat et le Cobaye, on peut constater l'existence de deux types principaux de capillaires sanguins. Les uns, fort étroits (4 à 5 μ environ) possèdent un endothélium très irrégulier, épais, sans fenestrations, avec des noyaux extrêmement plissés et une basale très nette, parfois délamellée, avec des sortes de péricytes dans le dédoublement lamellaire. Ces petits capillaires semblent être les plus nombreux et constituer les éléments essentiels du éseau.

D'autres capillaires, de type différent, semblent correspondre au passage des capillaires précédents aux veinules. Leur paroi est très irrégulière, épaisse et infiltrée de lymphocytes. Ceux-ci sont situés entre les cellules

endothéliales très irrégulières avec noyaux extrêmement déformés. La paroi comporte une basale très mince, parfois délamellée. Ce caractère irrégulier de la paroi des capillaires avait été vu il y a longtemps en histologie classique [Schulze ([4])]. On avait même décrit à ce niveau des fentes et des pores. Nos observations inframicroscopiques nous ont confirmé, cependant, le caractère continu de cette paroi.

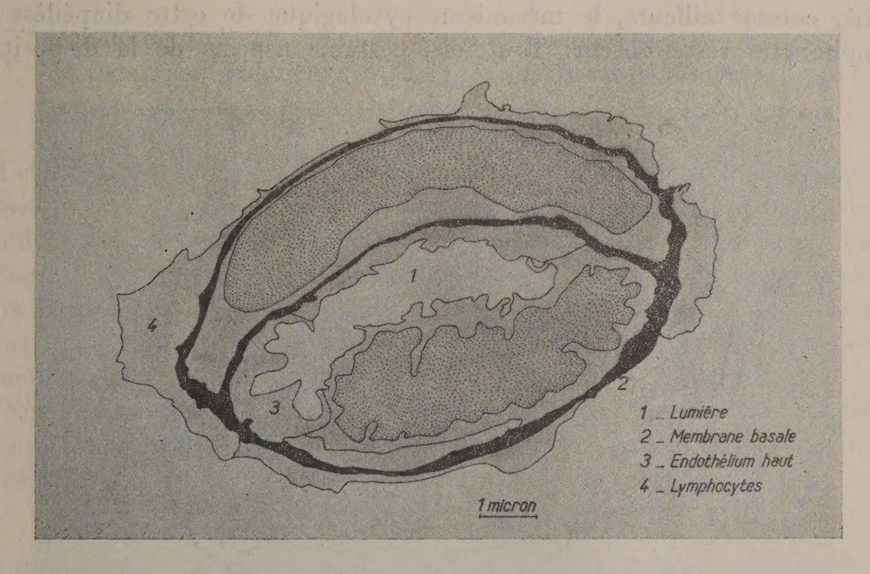


Fig. 1. — Capillaire sanguin à basale dédoublée, cytologie habituelle (ganglion poplité/rat).

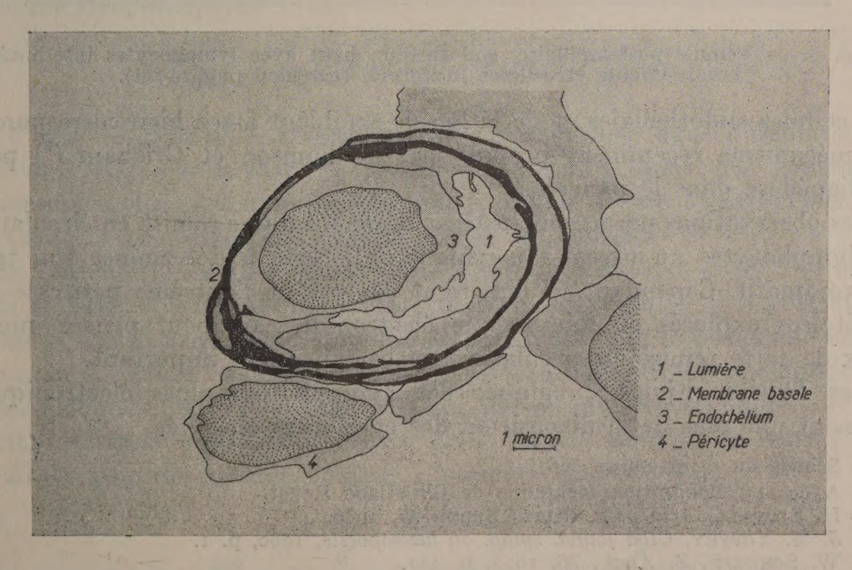


Fig. 2. — Capillaire sanguin avec basale multiple et lumière réduite (ganglion poplité/rat).

La présence constante de lymphocytes dans la paroi de ces capillaires et leur disposition entre les éléments endothéliaux démontre l'existence d'un transit de ces cellules. Les préparations au microscope électronique sont de type statique. Elles n'indiquent pas de façon formelle le sens de la traversée des lymphocytes. Toutefois, il paraît vraisemblable de penser qu'elle se fait du capillaire vers le tissu ganglionnaire.

Là, comme ailleurs, le mécanisme cytologique de cette diapédèse de lymphocytes reste obscur. Toutefois, certains aspects de la disposition

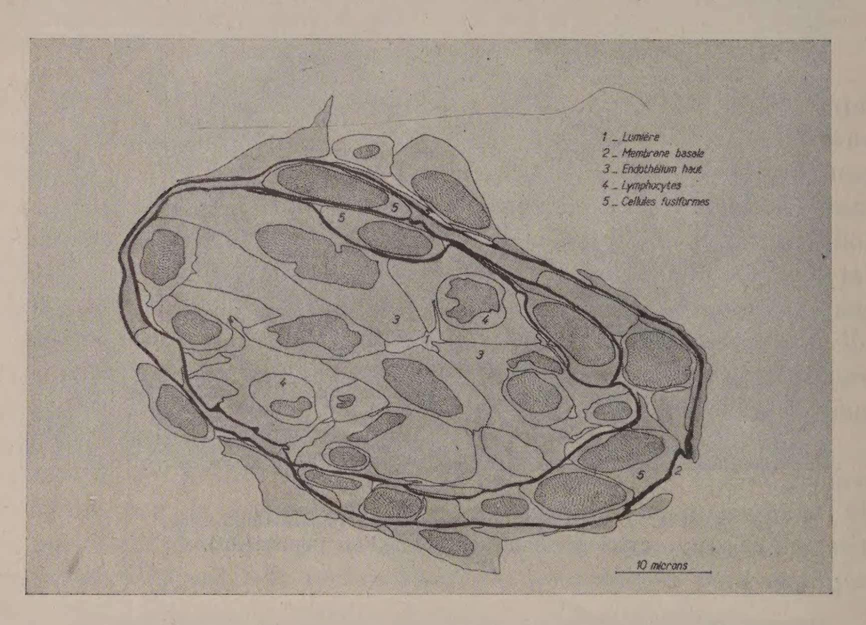


Fig. 3. — Veinule post-capillaire, endothélium haut avec lymphocytes interposés, basale double et cellules fusiformes (ganglion poplité-rat).

des cellules endothéliales et de la basale semblent assez bien correspondre au mécanisme récemment proposé par Williamson et Grisham [5] pour la diapédèse dans le pancréas.

Ces observations paraissent justifier la réalité d'une remise en circulation de lymphocytes au niveau du ganglion. Il reste à déterminer son taux approximatif. Cependant, si l'on tient compte de l'extrême petitesse des territoires explorés en microscopie électronique, on peut penser que le taux de cette remise en circulation est certainement important.

Les figures ci-jointes, calques des microphotographies électroniques, donnent une idée de la disposition des capillaires observés.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

([1]) Avec la collaboration technique de Christiane Reuet.

([2]) H. Sjövall, *Acta path. scand.*, Suppl. 27, 1936.

([3]) J. M. Yoffey, *Ciba found. symp. on hæmopoesis*, 1960, p. 1.

([4]) W. Schulze, *Z. Anat.*, 76, 1925, p. 421.

([5]) J. R. Williamson et J. W. Grisham, *Amer. J. path.*, 39, 1961, p. 239.

(*Travail du Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France.*)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur quelques aspects des oscillations non linéaires.* Note (*) de M. **Nicolas Minorsky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Cette Note a pour but de comparer le comportement des oscillations régies par les équations différentielles (é. d.) autonomes à celui qui correspond aux é. d. non autonomes du genre paramétrique. Ces deux classes d'oscillations se rencontrent souvent dans les applications et nous avons déjà étudié ces problèmes dans un nombre de publications antérieures; dans cette Note nous tâcherons de préciser quelques conclusions d'ordre général.

Nous allons indiquer d'abord quelques résultats indiqués précédemment ([1]) au sujet d'équations autonomes, par exemple, l'é. d. de Liénard :

(A) $$\ddot{x}+(a+cx^2+ex^4)\dot{x}+x=0,$$

où $a=\mu A$, $c=\mu C$ et $e=\mu E$ ($\mu>0$ est petit) et A, C et E sont des nombres fixes (positifs, négatifs ou nuls). Cela suggère l'emploi de l'espace paramétrique (A, C, E). Il a été montré qu'à l'é. d. (A) correspond le système stroboscopique

(B) $$\frac{d\rho}{d\tau}=-\sigma\rho(\rho^2+p\rho+q)=R(\rho);\qquad \frac{d\varphi}{d\tau}\equiv 0,$$

où $\rho=x^2+y^2=x^2+\dot{x}^2$ est l'énergie emmagasinée dans l'oscillation et $p=k_1\,(C/E)$; $q=k_2\,(A/E)$; $\sigma=kE$, k_1, k_2 et k étant des constantes numériques. Ici la deuxième équation se réduit à zéro identiquement en vertu de la propriété bien connue d'é. d. autonomes.

Si l'on choisit les axes de l'espace (A, C, E) avec l'axe de $E>0$ dirigé vers le haut, il suffit d'étudier la structure topologique (le « portrait de phase ») dans chaque octant de cet espace. Selon que le polynome en (B) a 0,1 ou 2 racines réelles positives, on a les configurations acycliques [A], monocycliques [M] ou bicycliques [B]. Les octants correspondent à l'ensemble de trois signes de a, c et e. Avec les notations de la Note ([1]) les résultats pour les quatre octants supérieurs ($E>0$) sont :

(1) $+++$; S; $\rho_0=0$; [A]

(2) $+-+$; SIS si $\frac{p^2}{4}-q=\gamma>0$; $\rho_{0,1,2}=\frac{p}{2}\mp\sqrt{\gamma}$; [B]

S si $\gamma<0$; $\rho_0=0$; [A]

(3) $$--+;\quad \text{IS};\quad \rho_0 = \frac{|p|}{2} + \sqrt{\frac{p^2}{4} + q};\quad [\text{M}]$$

(4) $$-++;\quad \text{IS};\quad \rho_0 = -\frac{p}{2} + \sqrt{\frac{p^2}{4} + q};\quad [\text{M}]$$

Pour les quatre octants inférieurs ($E < 0$) les portraits de phase sont inverses, à savoir : I, SI, ISI au lieu de S, IS et SIS. Ces octants ne sont pas intéressants car ils ne correspondent pas aux solutions périodiques. Ce sujet a été étudié en détails du point de vue de la théorie de bifurcations (2) mais ce qui nous intéresse ici est la constatation suivante : pour n'importe quel point du demi-espace $E > 0$ il existe une solution périodique en considérant l'état de l'équilibre stable : S comme un cas particulier de la solution périodique.

Envisageons maintenant une é. d. non autonome du genre « paramétrique » par exemple

(C) $$\ddot{x} + e(x^2 - 1)\dot{x} + [1 + (a - cx^2)\cos 2t]x = 0,$$

où a, c et e sont positifs et petits. Il est bien connu que quand un (ou plusieurs) paramètre d'un système oscillatoire varie périodiquement avec la période π, le système se met à osciller avec la période 2π; c'est cela que nous entendons par le terme : le « système paramétrique ». Le système stroboscopique est ici de la forme (3) :

(D) $$\frac{d\rho}{d\tau} = \frac{1}{4}\rho[E(4-\rho) + (C\rho - 2A)\sin 2\varphi] = R(\rho, \varphi);$$
$$\frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{1}{4}(C\rho - A)\cos 2\varphi = \Phi(\rho, \varphi).$$

Pour qu'il y ait une solution périodique de (C) il faut que (D) ait un point singulier stable; il faut donc qu'on ait

(E) $$R(\rho_0, \varphi_0) = 0; \qquad \Phi(\rho_0, \varphi_0) = 0.$$

Remarquons que pour (A) le problème était plus simple : $R(\rho_0) = 0$.

Pour le problème (E) il faut établir un nombre de conditions, à savoir : exprimer que le point singulier existe, qu'il est stable; qu'il n'est pas un col, que l'état de repos est instable et quelques autres.

Toutes ces conditions s'expriment par des inégalités qui doivent être satisfaites simultanément si non il n'y a pas de solutions périodiques de (C). En réduisant le système d'inégalités par des inégalités majorantes, on aboutit finalement à deux inégalités, par exemple : $A > 4E$; $C > A - E$; ces dernières définissent dans l'espace (A, C, E) une certaine région G; si le point paramétrique est dans G, la solution périodique existe; si non, elle n'existe pas. Comme dans chaque octant il y a trois points singuliers, il y a 24 cas à étudier.

On voit ainsi que, contrairement aux problèmes autonomes pour lesquels les solutions périodiques existent pour n'importe quel point du demi-

espace (A, C, E $>$ o), cela n'est pas le cas pour des problèmes non autonomes; ici ces solutions existent seulement dans quelques régions isolées G de l'espace (A, C, E). En d'autres mots : si pour les premiers des solutions périodiques est la règle, pour les deuxièmes c'est plutôt une exception.

On peut dire aussi que dans les problèmes autonomes ce n'est que l'amplitude qui est définie par l'é. d. tandis que la phase est arbitraire; dans les problèmes non autonomes et l'amplitude et la phase sont définies toutes les deux par l'é. d. ce qui limite l'existence de solutions périodiques de ces problèmes.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) N. Minorsky, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1508.

(2) N. Minorsky, *J. Phys. Rad.*, 18 décembre 1957.

(3) N. Minorsky, *Cahier de Physique*, n° 113, juillet 1960, p. 257.

GÉOMÉTRIE. — *Une extension des théorèmes de Pascal et de Brianchon appliquée à certaines variétés V^n_{n-1} de $(n-1)$ dimensions et du degré ou de la classe n dans un espace R_n de n dimensions.* Note (*) de M. **David Nicolaas Lelyveld**, présentée par M. René Garnier.

Nous choisissons un système de coordonnées homogènes avec $(n+1)$ sommets dans R_n et un point unité arbitraire; nous considérons une V^n_{n-1} rapportée à ce système de coordonnées. La variété V^n_{n-1} contient les R_{n-2} qui appartiennent à ce système de référence et a pour équation

$$\sum_1^{n+1} \frac{a_k}{x_k} = 0.$$

Nous numérotons les sommets 1, 3, 5, ..., $(2n+1)$; ensuite nous choisissons $(n+1)$ points arbitraires sur la V^n_{n-1} que nous numérotons 2, 4, 6, ..., $(2n+2)$.

Les R_{n-1} :

$(3, 5, 7, \ldots, 2n-1, 2)$	représenté par l'équation	$x_1 = b_{n+1,1}\, x_{n+1}$
$(3, 5, 7, \ldots, 2n-3, 2n+1, 2)$	» » »	$x_1 = b_{n,1}\, x_n$
$(3, 5, 7, \ldots, 2n-5, 2n-1, 2n+1, 2)$	» » »	$x_1 = b_{n-1,1}\, x_{n-1}$
....		
$(3, 7, 9, \ldots, 2n+1, 2)$	» » »	$x_1 = b_{31} x_3$
$(5, 7, 9, \ldots, 2n+1, 2)$	» » »	$x_1 = b_{21} x_2$

où $b_{n+1,1}, \ldots, b_{21}$ sont des constantes, se coupent au point

$$2 = \left(1, \frac{1}{b_{21}}, \frac{1}{b_{31}}, \ldots, \frac{1}{b_{n,1}}, \frac{1}{b_{n+1,1}}\right).$$

Cependant, le point 2 étant situé sur la V^n_{n-1} nous trouvons la condition

$$a_1 + a_2 b_{21} + a_3 b_{31} + \ldots + a_n b_{n,1} + a_{n+1} b_{n+1,1} = 0.$$

Les R_{n-1} :

$(1, 5, 7, \ldots, 2n-1, 4)$	représenté par l'équation	$x_2 = b_{n+1,2}\, x_{n+1}$
$(1, 5, 7, \ldots, 2n-3, 2n+1, 4)$	» » »	$x_2 = b_{n,2} x_n$
$(1, 5, 7, \ldots, 2n-5, 2n-1, 2n+1, 4)$	» » »	$x_2 = b_{n-1,2} x_{n-1}$
....		
$(1, 7, 9, \ldots, 2n-1, 2n+1, 4)$	» » »	$x_2 = b_{32} x_3$
$(5, 7, 9, \ldots, 2n-1, 2n+1, 4)$	» » »	$x_2 = b_{12} x_1$

où $b_{n-1,2}, \ldots, b_{12}$ sont de nouveau des constantes, se coupent au point

$$4 = \left(\frac{1}{b_{12}}, 1, \frac{1}{b_{32}}, \ldots, \frac{1}{b_{n2}}, \frac{1}{b_{n+1,2}}\right).$$

Cependant, le point 4 étant situé aussi sur la V^n_{n-1}, nous trouvons la condition

$$a_1 b_{12} + a_2 + a_3 b_{32} + \ldots + a_n b_{n,2} + a_{n+1} b_{n+1,2} = 0.$$

En continuant ainsi, nous trouvons les conditions

$$\begin{aligned}
&a_1 b_{13} + a_2 b_{23} + a_3 + a_4 b_{43} + \ldots + a_n b_{n,3} + a_{n+1} a_{n+1,3} = 0,\\
&a_1 b_{14} + a_2 b_{24} + a_3 b_{34} + a_4 + \ldots + a_n b_{n,4} + a_{n+1} b_{n+1,4} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
&a_1 b_{1,n+1} + a_2 b_{2,n+1} + a_3 b_{3,n+1} + \ldots + a_n b_{n,n+1} + a_{n+1} = 0.
\end{aligned}$$

Si, dans ces $(n+1)$ conditions, nous remplaçons $a_1, \ldots, a_{n+1}$ par les inconnues $y_1, \ldots, y_{n+1}$, nous obtenons $(n+1)$ équations homogènes renfermant les inconnues homogènes $y_1, \ldots, y_{n+1}$. Ces équations ayant une solution dans laquelle tous les a ne sont pas zéro, il s'ensuit :

$$\text{(A)} \qquad \begin{vmatrix}
1 & b_{21} & b_{31} & \ldots & b_{n,1} & b_{n+1,1}\\
b_{12} & 1 & b_{32} & \ldots & b_{n,2} & b_{n+1,2}\\
b_{13} & b_{23} & 1 & \ldots & b_{n,3} & b_{n+1,3}\\
\ldots & \ldots & . & \ldots & \ldots & \ldots\ldots\\
b_{1,n+1} & \ldots & \ldots & \ldots & b_{n,n+1} & 1
\end{vmatrix} = 0.$$

Les R_{n-1} :

$$\text{(B)} \quad \left\{\begin{array}{llll}
(5, 7, 9, \ldots, 2n+1, 4) & \text{représenté par l'équation} & x_2 & = b_{12} x_1\\
(3, 7, 9, \ldots, 2n+1, 6) & \text{» \quad » \quad »} & x_3 & = b_{13} x_1\\
(5, 4, 9, \ldots, 2n+1, 8) & \text{» \quad » \quad »} & x_4 & = b_{14} x_1\\
\ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & & \\
(3, 5, 7, \ldots, 2n-1, 2n+2) & \text{» \quad » \quad »} & x_{n+1} & = b_{1,n+1} x_1
\end{array}\right.$$

se coupent en un point que nous nommons $2n+3$, dont les coordonnées sont

$$(1, b_{12}, b_{13}, \ldots, b_{1,n+1}).$$

Les R_{n-1} :

$$\text{(C)} \quad \left\{\begin{array}{llll}
(5, 7, 9, \ldots, 2n+1, 2) & \text{représenté par l'équation} & x_1 & = b_{21} x_2\\
(1, 7, 9, \ldots, 2n+1, 6) & \text{» \quad » \quad »} & x_3 & = b_{23} x_2\\
(1, 5, 9, \ldots, 2n+1, 8) & \text{» \quad » \quad »} & x_4 & = b_{24} x_2\\
\ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & & \\
(1, 5, 7, \ldots, 2n-1, 2n+2) & \text{» \quad » \quad »} & x_{n+1} & = b_{2,n+1} x_2
\end{array}\right.$$

se coupent en un point que nous nommons $2n+4$, dont les coordonnées sont

$$(b_{21}, 1, b_{23}, b_{24}, \ldots, b_{2,n+1}).$$

De même, nous trouvons successivement les points $2n+5, \ldots, 3n+3$:

$$\begin{aligned}
&(b_{31}, \quad b_{32}, 1, b_{34}, \quad \ldots, b_{3,n+1})\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&(b_{n+1,1}, b_{n+1,2}, b_{n+1,3}, \ldots, b_{n+1,n}, 1)
\end{aligned}$$

Si nous remplaçons dans le déterminant (A) b_{ij} par b_{ji}, nous trouvons

$$\begin{vmatrix} 1 & b_{12} & b_{13} & \ldots & b_{1n} & b_{1,n+1} \\ b_{21} & 1 & b_{23} & \ldots & b_{2n} & b_{2,n+1} \\ b_{31} & b_{32} & 1 & \ldots & b_{3n} & b_{3,n+1} \\ \ldots & \ldots & . & \ldots & \ldots & \ldots \\ b_{n+1,1} & b_{n+1,2} & b_{n+1,3} & \ldots & b_{n+1,n} & 1 \end{vmatrix} = 0$$

d'où il ressort que les points $2n+3, \ldots, 3n+3$ se trouvent dans un R_{n-1} pascalien.

Si nous remplaçons les coordonnées $x_1, \ldots, x_{n+1}$ par les R_{n-1} — coordonnées $u_1, \ldots, u_{n-1}$, nous trouvons une extension du théorème de Brianchon qui exprime que $n+1$ R_{n-1} se coupent en un même point.

Si nous nommons un « polyèdre » avec $(n+1)$ sommets qui sont les « points coniques » d'une V_{n-1}^n et $(n+1)$ points arbitraires sur cette variété un « polyèdre pascalien », et si nous nommons aussi les R_{n-1} (B), (C), etc. des R_{n-1} conjugués, nous pourrons énoncer le théorème trouvé de cette manière : Dans un « polyèdre pascalien » les $(n+1)$ points de rencontre des $(n+1)$ groupes de R_{n-1} conjugués se trouvent dans un R_{n-1}.

Analogue pour le théorème de Brianchon.

Construction. — Nous traçons une droite arbitraire par le point 1 et nous cherchons à construire un point $2n+2$ sur cette droite qui appartient au V_{n-1}^n déterminé par les « points coniques » $1, 3, 5, \ldots, 2n+1$ et par les points $2, 4, 6, \ldots, 2n$.

Nous construisons d'abord les points $2n+4, \ldots, 3n+3$ qui déterminent le R_{n-1} pascalien.

Le point $2n+3$ était déterminé par les R_{n-1} :

$$\begin{array}{l} (5, 7, 9), \ldots, 2n+1, 4), \\ (3, 7, 9), \ldots, 2n+1, 6), \\ (3, 5, 9), \ldots, 2n+1, 8), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}$$

et par le R_{n-1} $(3, 5, 7, \ldots, 2n-1, 2n+2)$ inconnu.

Nous remplaçons maintenant ce R_{n-1} inconnu par le R_{n-1} pascalien et nous trouvons le point $2n+3$.

Le R_{n-1} $(3, 5, 7, \ldots, 2n-1, 2n+3)$ coupe la droite donnée dans le point demandé $2n+2$.

De la même manière nous trouvons un R_{n-1} (contenant un R_{n-2} qui se trouve dans le R_{n-1} numéroté 1) qui est tangent à la variété $\sum_1^{n+1} a_k/u_k = 0$ de la classe n.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(*Nassaulaan*, 13, *Delft*, *Hollande*.)

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Solutions de l'équation de Laplace à deux variables obéissant à des conditions aux limites sur les deux côtés d'un angle.* Note (*) de M. **Émile Durand**, transmise par M. Léopold Escande.

Premier type de conditions. — On donne les valeurs de la fonction sur les deux côtés de l'angle α (*figure*) soit

(1) $$\psi_{\theta=0}=f(r), \qquad \psi_{\theta=\alpha}=g(r).$$

On supposera que ces fonctions f et g sont développables en série de Taylor :

(2) $$f(r)=\sum_{n=0}^{\infty} f_0^{(n)}\frac{r^n}{n!}, \qquad g(r)=\sum_{n=0}^{\infty} g_0^{(n)}\frac{r^n}{n!}.$$

Si l'on cherche des solutions du type

(3) $$\psi=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{r^n}{n!}[\mathrm{A}_n\cos(n\theta)+\mathrm{B}_n\sin(n\theta)],$$

les conditions (1) donnent

(4) $$\mathrm{A}_n=f_0^{(n)}, \qquad \mathrm{B}_n=\frac{g_0^{(n)}-f_0^{(n)}\cos(n\alpha)}{\sin(n\alpha)}.$$

Toutefois cette valeur (4) de B_n n'est pas valable quand

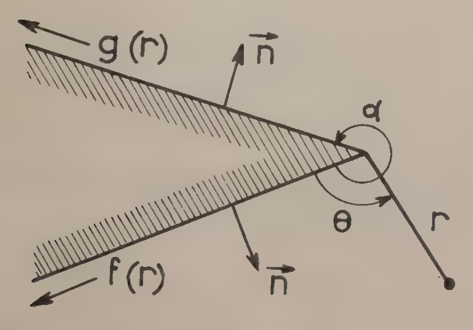
(5) $$\sin(n\alpha)=0 \quad \text{ou} \quad n\alpha=p\pi \qquad (p \text{ entier}).$$

Ceci est assez fréquent, en particulier avec des angles $\alpha=\pi/2, \pi, 3\pi/2, 2\pi$. Dans ce cas, au lieu de (3), il faut chercher une solution du type

(6) $$\frac{r^n}{n!}[\mathrm{A}_n\cos(n\theta)+\mathrm{B}_n\mathrm{G}(n)],$$

avec

(7) $$\mathrm{G}(n)=\theta\cos(n\theta)+\operatorname{Log} r\sin(n\theta).$$



Les conditions (1) donnent alors

(8) $$A_n = f_0^{(n)}, \qquad B_n = \frac{1}{\alpha}\left[\frac{g_0^{(n)}}{\cos(n\alpha)} - f_0^{(n)}\right].$$

A ces solutions du type (3) ou (6) on peut toujours ajouter des solutions qui s'annulent sur les côtés de l'angle, soit

(9) $$\sum_{n=1}^{\infty} A_n r^{n\frac{\pi}{\alpha}} \sin\left(n\frac{\pi}{\alpha}\theta\right),$$

où les A_n sont des coefficients arbitraires.

Voici un exemple de ces développements avec $\alpha = \pi/2$.

(10) $$\psi = \sum_{n=1}^{\infty} A_n r^{2n} \sin(2n\theta) + \sum_{n=0}^{\infty} f_0^{(n)} \frac{r^n}{n!} \cos(n\theta)$$
$$+ \frac{2}{\pi}\sum_{k=0}^{\infty} \frac{r^{2k}}{(2k)!}\left[(-1)^k g_0^{(2k)} - f_0^{(2k)}\right] G(2k)$$
$$+ \sum_{k=0}^{\infty} \frac{r^{2k+1}}{(2k+1)!}(-1)^k g_0^{(2k+1)} \sin(2k+1)\theta.$$

Deuxième type de conditions. — On donne les valeurs de la dérivée normale de ψ sur les côtés de l'angle, soit

(11) $$\left(\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)_{\theta=0} = \frac{1}{r}\left(\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right)_{\theta=0} = f(r), \qquad \left(\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)_{\theta=\alpha} = -\frac{1}{r}\left(\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right)_{\theta=\alpha} = g(r).$$

Les dérivées normales sont prises suivant les vecteurs unitaires $\vec{n}$ de la figure. En portant un développement du type (3) dans (11) on obtient

(12) $$B_n = f_0^{(n-1)}, \qquad A_n = \frac{f_0^{(n-1)}\cos(n\alpha) + g_0^{(n-1)}}{\sin(n\alpha)}.$$

Toutefois cette expression (12) ne convient pas quand

$$\sin(n\alpha) = 0 \qquad \text{ou} \qquad n\alpha = p\pi \quad (p \text{ entier}).$$

Il faut alors remplacer les termes de (3) par

(13) $$\frac{r^n}{n!}\left[A_n F(n) + B_n \sin(n\theta)\right].$$

avec

(14) $$F(n) = \theta\sin(n\theta) - \operatorname{Log} r \cos(n\theta);$$

On trouve alors

(15) $$B_n = f_0^{(n-1)}, \qquad A_n = -\frac{1}{\alpha}\left[\frac{g_0^{(n-1)}}{\cos(n\alpha)} + f_0^{(n-1)}\right].$$

A ces solutions on peut en ajouter d'autres dont les dérivées normales s'annulent sur les deux côtés de l'angle, soit

(16) $$\sum_{n=1}^{\infty} A_n r^{n\frac{\pi}{\alpha}} \cos\left(n\frac{\pi}{\alpha}\theta\right).$$

Troisième type de conditions. — Ce sont des conditions mixtes où l'on donne la fonction sur l'un des côtés et sa dérivée normale sur l'autre, soit

$$(17)\qquad \psi_{\theta=0}=f(r),\qquad \left(\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)_{\theta=\alpha}=-\frac{1}{r}\left(\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\right)_{\theta=\alpha}=g(r).$$

En portant un développement du type (3) dans (17) on obtient

$$(18)\qquad A_n=f_0^{(n)},\qquad B_n=\frac{f_0^{(n)}\sin(n\alpha)-g_0^{(n-1)}}{\cos(n\alpha)}.$$

Cette expression (18) n'est plus valable pour

$$(19)\qquad \cos(n\alpha)=0\qquad \text{ou}\qquad n\alpha=\left(p+\frac{1}{2}\right)\pi\quad (p \text{ entier}).$$

Il faut alors remplacer les termes du développement (3) par

$$(20)\qquad \frac{r^n}{n!}[A_n\cos(n\theta)+B_n G(n)],$$

où G (n) est toujours donné par (7).

Les conditions (17) donnent alors

$$(21)\qquad A_n=f_0^{(n)},\qquad B_n=-\frac{1}{\alpha}\,\frac{g_0^{(n-1)}}{\sin(n\alpha)}.$$

On peut enfin ajouter à ces solutions, des solutions qui s'annulent pour $\theta=0$ et dont la dérivée normale est nulle pour $\theta=\alpha$, soit

$$(22)\qquad \sum_{n=0}^{\infty}A_n\sin\left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{\alpha}\theta.$$

(*) Séance du 6 novembre 1961.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Un exemple de fonctions aléatoires de covariance stationnaire modulo* T. Note de M. **Bui Trong Lieu**, présentée par M. Maurice Fréchet.

Soit $\{X_t, t \in \mathcal{T}\}$ une fonction aléatoire définie sur un espace de probabilité $(\Omega, \mathcal{A}, \Pr)$, indicée par le temps t, et à valeurs dans C. $\mathcal{T}$ peut être R ou Z.

Définition. — $\{X_t, t \in \mathcal{T}\}$ *est dite de covariance stationnaire modulo* T *si* $\exists$ *une constante* $T \in \mathcal{T}_+$, *une fonction numérique à valeurs entières* k : $\mathcal{T} \times \mathcal{T} \to Z$, *telles que* $EX_t \overline{X}_{t+\tau} = r[\tau + k(t, \tau) T]$.

Nous désignons par $Z^\star$ l'ensemble des valeurs prises par $k(t, 0)$.

Signalons les propriétés élémentaires suivantes, qui sont d'ailleurs évidentes :

a. $r(nT) \geq 0, \forall n \in Z^\star$; $r[\tau + k(t, \tau) T] = r[-\tau + k(t+\tau, -\tau) T]$; $r(.)$ est définie positive.

b. Toute fonction r à valeurs complexes des variables réelles t et t', de la forme $r[t - t' + k(t, t - t') T]$, où $k(.)$ est à valeurs entières, et qui est définie positive, est la covariance d'une fonction aléatoire de covariance stationnaire modulo T.

c. La somme de deux fonctions aléatoires non corrélées, et de covariance stationnaire modulo T, l'une d'elles étant de plus stationnaire du premier ordre, est une fonction aléatoire de covariance stationnaire modulo T, si et seulement si dans leur définition, $k_1 \equiv k_2$.

d. Soit $\{X_t, t \in R\}$ réelle de covariance stationnaire modulo T. Elle est continue en moyenne quadratique si : (i) $\forall t \in R$, $k(t, 0) = \text{Cte}$, et $\exists$ un voisinage $\mathcal{V}_t$ de $\tau = 0$ tel que $k(t, \tau) = \text{Cte}$, $\forall \tau \in \mathcal{V}_t$; (ii) $r(.)$ est continue aux points nT, $\forall n \in Z^\star$.

Donnons maintenant un exemple : soit $\{\tilde{X}_t, t \in R\}$ une fonction aléatoire réelle, de covariance stationnaire, avec $E\tilde{X}_t \tilde{X}_{t+\tau} = r(\tau)$. Soit $T \in R_+$ une constante > 0 et $\{Y_t, t \in R_+\}$ la fonction aléatoire définie de la façon suivante :

$$Y_t = \tilde{X}_t \quad \text{pour} \quad 0 \leq t < T,$$
$$Y_{t+T} = Y_t \quad \text{pour} \quad t \geq T.$$

Proposition 1. — *La fonction aléatoire* $\{Y_t, t \in R_+\}$ *définie ci-dessus est une fonction aléatoire de covariance stationnaire modulo* T, *avec*

$$k(t, \tau) = -\left[\frac{\tau}{T}\right] I_{A_1}(t, \tau) - \left(\left[\frac{\tau}{T}\right] + 1\right) I_{A_2}(t, \tau) - \left(\left[\frac{\tau}{T}\right] - 1\right) I_{A_3}(t, \tau),$$

I_E *désignant l'indicateur de* E, *et* $[x]$ *la partie entière de* $x \in R$; où

$$A_i = \left\{(t, \tau) : \left(\left[\frac{\tau}{T}\right] + \delta_i\right) T - \tau \leq t - \left[\frac{t}{T}\right] T < \left(\left[\frac{\tau}{T}\right] + \delta_i + 1\right) T - \tau\right\}$$

avec

$$\delta_1 = 0, \qquad \delta_2 = 1, \qquad \delta_3 = -1.$$

On appelle $\{ Y_t, t \in R_+ \}$ la fonction aléatoire de covariance stationnaire modulo T associée à la fonction aléatoire $\{ \tilde{X}_t, t \in R \}$.

Soit $\{ X_t, t \in R_+ \}$ une fonction aléatoire de covariance stationnaire modulo T, réelle, mesurable. Posons

$$\gamma_\tau^{(U)} = \frac{1}{U} \int_0^U X_t X_{t+\tau} \, dt.$$

Rappelons que si $\forall \tau \in R$, la famille de variable aléatoire $\{ \gamma_\tau^{(U)}, U \in R_+ \}$ est telle que $\gamma_\tau = \lim_{U \to +\infty} \text{p. s.} \, \gamma_\tau^{(U)}$ existe, et que $\lim_{U \to +\infty} E \gamma_\tau^{(U)} = E \gamma_\tau$, alors la fonction $\Phi(\tau) = \lim_{U \to \infty} 1/U \int_0^U r[\tau + k(t, \tau) T] \, dt$ est définie positive. On l'appellera fonction de corrélation généralisée de $\{ X_t, t \in R_+ \}$. Dans le cas particulier où $k(t, \tau) = \text{Cte}$, on a bien $\Phi(\tau) = r(\tau)$.

PROPOSITION 2. — *La fonction de corrélation généralisée de* $\{ Y_t, t \in R_+ \}$ *vaut*

$$\Phi(\tau) = \left(1 - \frac{|\tau_0|}{T}\right) r(\tau_0) + \frac{|\tau_0|}{T} r(T - |\tau_0|),$$

où $\tau_0 = \tau - [\tau/T] T$. *De plus,* Φ *est périodique :* $\Phi(\tau) = \Phi(\tau + nT)$ *et* Φ *est paire :* $\Phi(\tau) = \Phi(-\tau)$.

Nous savons que si la fonction de corrélation généralisée Φ est continue pour $\tau = 0$, alors $\exists$ une fonction $F(\lambda)$ monotone, non décroissante bornée, telle que $\Phi(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i 2\pi\lambda\tau} \, dF(\lambda)$. $F(\lambda)$ est appelée fonction spectrale généralisée. Sa densité par rapport à la mesure de Lebesgue $d\lambda$ s'appelle densité spectrale généralisée.

PROPOSITION 3. — *Quelle que soit la fonction aléatoire réelle, de covariance stationnaire, continue en moyenne quadratique, donnée, sa fonction aléatoire de covariance stationnaire modulo* T *associée possède toujours une fonction spectrale généralisée, mais ne possède jamais de densité spectrale généralisée. Plus précisément,*

$$\Phi(\tau) = \sum_{n=0}^{\infty} \cos 2\pi \frac{n}{T} \tau \left[G\left(\frac{n+1}{T}\right) - G\left(\frac{n}{T}\right) \right].$$

PROPOSITION 4. — *La fonction spectrale* $F_1(\lambda)$ *d'une fonction aléatoire réelle* $\{ \tilde{X}_t, t \in R \}$ *continue en moyenne quadratique et de covariance stationnaire étant donnée, la fonction spectrale généralisée* $G(\lambda)$ *de la fonction aléatoire de covariance stationnaire modulo* T *associée* $\{ Y_t, t \in R_+ \}$ *s'exprime en fonction de* $F_1(\lambda)$ *à l'aide de la formule suivante :*

$$G\left(\frac{n+1}{T}\right) - G\left(\frac{n}{T}\right) = \frac{1}{2\pi^2} \int_0^{\infty} (1 - \cos 2\pi\lambda T) \times \left[\frac{1}{(\lambda T + n)^2} + \frac{1}{(\lambda T - n)^2} \right] dF_1(\lambda) \qquad \text{pour} \quad n \geq 1,$$

et

$$G(1) - G(0) = \frac{1}{2\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{1 - \cos 2\pi\lambda T}{(\lambda T)^2} \, dF_1(\lambda) \qquad \text{pour} \quad n = 0.$$

Supposons maintenant que $F_1(\lambda)$ possède une densité spectrale $f(\lambda)$. Soit f_θ^* un estimateur de f construit d'après des observations de $\{\tilde{X}_t,\ t \in R\}$ durant l'intervalle $[0, \theta]$. L'estimateur f_θ^* est dit convergent de l'ordre de $\theta^{2\alpha}$ si, $\forall \lambda \in R_+$,

$$\limsup_{\theta \to \infty} \theta^\alpha \| f_\theta^*(\lambda) - f(\lambda) \| = C(\lambda),$$

$\|.\|$ désignant la norme dans $L_2(\Omega, \mathcal{A}, \Pr)$. Pour la fonction spectrale généralisée, posons

$$\mathcal{F}\left(\frac{n}{T}\right) = G\left(\frac{n}{T}\right) - G\left(\frac{n-1}{T}\right).$$

G_θ^*, estimateur exprimé en fonction de f_θ^*, est dit convergent de l'ordre de $\theta^{2\alpha}$ si $\limsup_{\theta \to \infty} \theta^\alpha \| \mathcal{F}_\theta^*(n/T) - \mathcal{F}(n/T) \| = h(n)$ fini.

Proposition 5. — *Si f_θ^* est convergent de l'ordre de $\theta^{2\alpha}$, et si $C(\lambda)$ est tel que $\forall n \in N$,*

$$\int_0^\infty \frac{1 - \cos 2\pi\lambda T}{(\lambda T - n)^2} C(\lambda)\, d\lambda < \infty,$$

alors G_θ^* est convergent de l'ordre de $\theta^{2\alpha}$.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Caractéristiques d'un test binomial séquentiel avec échantillonnage par groupes.* Note (*) de M. **Jean Méric**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans plusieurs Notes déjà publiées, nous avons établi une méthode permettant de calculer simplement la fonction d'efficacité et le nombre moyen d'observations du test binomial de Wald, et montré que cette méthode pouvait s'appliquer à l'étude de problèmes de marche au hasard dans le plan plus généraux. Le présent travail constitue une application à l'étude du test binomial séquentiel avec échantillonnage par groupes, et non unité par unité.

Considérons le test binomial de Wald T [1] dont les droites caractéristiques ont pour équations : $ay - bx = k_1$; $ay - bx = -k_2$; a et b désignant des entiers positifs premiers entre eux. Les bords B_x et B_y limitant la bande caractéristique de ce test sont décomposables en éléments superposables par translations de composantes λa, λb. Dans le cas où l'échantillonnage s'effectue unité par unité, nous avons donné, dans des travaux antérieurs [*cf.* [1]] une méthode matricielle pour calculer la fonction d'efficacité L (p). Une simple lecture du graphique permet d'écrire l'équation matricielle,

$$A(\varpi)\left\{\frac{L_i}{\varpi_i}\right\}=\sum_{i=1}^{\infty}\varpi^r\{K(A_{-r,i})\};\qquad \varpi=p^a q^b$$

et l'on a

$$L(p)=[\varpi_1,\ \varpi_2,\ \ldots,\ \varpi_n]\left\{\frac{L_i}{\varpi_i}\right\}.$$

La fonction d'efficacité n'est plus la même lorsque l'échantillonnage s'effectue par groupes de taille n. Nous allons montrer que le même procédé permet de calculer la fonction d'efficacité du test ainsi modifié. Nous utiliserons, pour exposer la méthode, le cas particulier $a = 3$, $b = 5$, $k_1 = k_2 = 17$. La fonction d'efficacité a déjà été calculée pour un échantillonnage unité par unité [1b]. Sur le graphique de la figure, les bords B_x et B_y de la bande caractéristique correspondante sont tracés en traits discontinus. Supposons maintenant que l'échantillonnage s'effectue par groupes de $a + b = 8$ unités. Le point d'échantillon ne progresse plus par sauts d'amplitude unité, mais se déplace en passant d'un point de la droite $x + y = 8\lambda$ à un point de la droite $x + y = 8(\lambda + 1)$.

Nous allons montrer que le test T avec échantillonnage par groupe de 8 a même fonction d'efficacité que le test T′ avec échantillonnage unité par unité, dont la bande caractéristique est limitée par les bords B'_x et B'_y tracés en traits forts sur la figure. Les lignes B'_x et B'_y sont obtenues en menant des parallèles aux axes par tous les points de B_x et B_y tels que $x + y = 8\lambda$ (nombre d'observations multiple entier de $a + b$). En effet, le test T ne peut prendre fin qu'après un nombre d'observations multiple

de 8. Or si, dans le test T′, le point échantillon traverse B'_x ou B'_y après $8\lambda + \mu$ observations ($0 < \mu \leq 8$), il a quitté la bande caractéristique du test T et ne saurait y revenir après $8\lambda + 8$ observations. Si, par contre, entre les observations $8\lambda + 1$ et $8\lambda + 8$ le point-échantillon a suivi un trajet tout entier situé entre B'_x et B'_y, il est encore dans la bande caractéristique du test lors de la $(8\lambda + 8)^{\text{ième}}$ observation. On sait calculer la fonction d'efficacité du test T′. La simple lecture du graphique permet d'écrire

$$L(A_{-1,i}) = 0; \qquad K(A_{-2,1}) = 1; \qquad K(A_{-2,2}) = -7; \qquad K(A_{-2,3}) = 21,$$

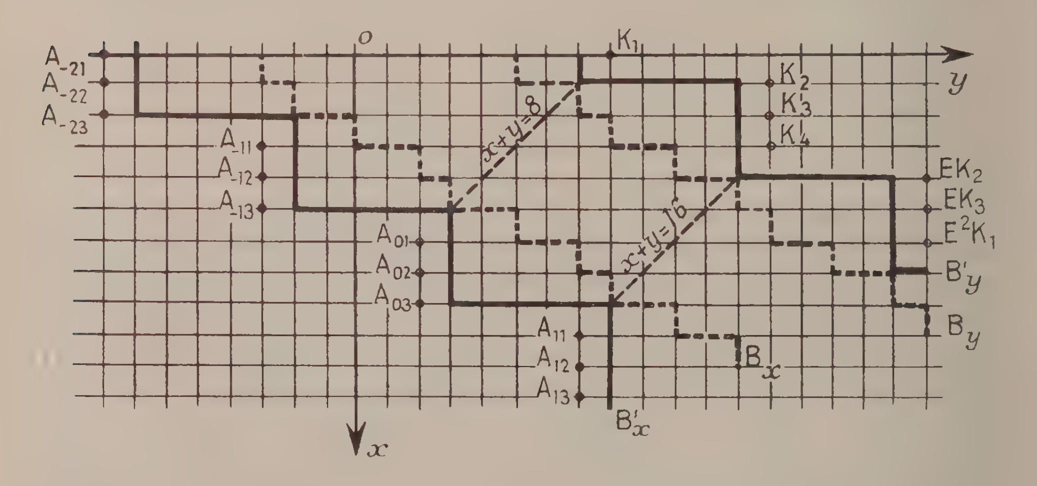
puis,

$$\begin{bmatrix} (w^2 - 120w) & (105w - 252) & (-15w + 210) \\ (-15w^2 + 210w) & (w^2 - 455w + 210) & (105w - 252) \\ (105w^2 - 252w) & (-20w^2 + 1365w - 120) & (w^2 - 455w + 210) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \dfrac{L_1}{\varpi_1} \\ \dfrac{L_2}{\varpi_2} \\ \dfrac{L_3}{\varpi_3} \end{bmatrix} = w^2 \begin{bmatrix} 1 \\ -7 \\ 21 \end{bmatrix},$$

avec

$$\varpi_1 = p^8; \qquad \varpi_2 = p^{14} q; \qquad \varpi_3 = p^{13} q^2.$$

Ce système résolu donne L_1/ϖ_1, L_2/ϖ_2, L_3/ϖ_3, d'où $L(p)$.



On sait calculer ensuite l'espérance mathématique du nombre d'observations $E'_p(n)$ pour le test T′ [*cf.* ([1c])]. On en déduit aisément le nombre moyen d'observations $E_p(n)$ du test T. En effet, L_1 est la probabilité que le test T′ prenne fin en un point tel que $x + y = 8\lambda$; L_2 la probabilité que T′ prenne fin en un point tel que $x + y = 8\lambda - 2$; L_3 la probabilité que T′ prenne fin en un point tel que $x + y = 8\lambda - 1$. Or le test T se termine toujours en un point tel que $x + y = 8\lambda$. Donc

$$E_p(n) = E'_p(n) + 0 . L_1 + 2 . L_2 + 1 . L_3.$$

Si nous avions pratiqué un test T avec échantillonnage par groupes de quatre nous aurions été amené à étudier le test T″ pour lequel les bords B''_x et B''_y sont obtenus en menant des parallèles aux axes par tout point de B_x et B_y tel que $x+y=4$.

La méthode se généralise. Le test binomial T avec échantillonnage par groupes de taille N a même fonction d'efficacité que le test T′ avec échantillonnage unité par unité, dont les bords B'_x et B'_y sont obtenus en menant des parallèles aux axes par les points de B_x et B_y tels que $x+y=N\lambda$ (multiple entier de N). B'_x et B'_y sont décomposables en éléments se superposant par translations de composantes $ka/(a+b)$, $kb/(a+b)$, k désignant le plus petit commun multiple de $a+b$ et de N. La fonction d'efficacité de T′ se calcule alors par la méthode déjà indiquée, ainsi que le nombre moyen d'observations $E'_p(n)$. Quant au nombre moyen d'observations du test T, il a pour expression

$$E_p(n)=E'_p(n)+\sum_{i=1}^{\frac{ka}{a+b}} n_i L_i.$$

L_i désignant la probabilité que T′ se termine en un point tel que

$$x+y=N\lambda-n_i \qquad (i=1, 2, \ldots, N).$$

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) Pour les définitions et notations, se référer à : *a. Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1377; *b. Comptes rendus*, 246, 1958, p. 884; *c. Comptes rendus*, 248, 1959, p. 3111.

ÉLASTOPLASTICITÉ. — *Sur les ondes de choc plastiques en milieu indéfini isotrope*. Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous montrons, qu'à moins d'entrer dans l'analyse détaillée des déformations pendant toute la durée du choc, on ne peut étudier que deux types d'ondes de choc plastiques : les ondes longitudinales et des ondes quasi transversales. Nous étendons ensuite aux ondes longitudinales dans un solide plastique la théorie classique d'Hugoniot pour les ondes de choc dans un fluide.

A. Soit v_i les coordonnées de la vitesse, ε_{ij} celles du tenseur de déformation, l'état de référence étant celui de la région (1) située en avant de l'onde, σ_{ij} celles du tenseur des contraintes, s_{ij} celles du déviateur des contraintes, $p = -(1/3)\sum_i \sigma_{ii}$ la pression moyenne, ρ la masse volumique, T la température, Ω la célérité de l'onde par rapport à la matière dans la région (1). On prend pour direction Ox_1 celle de la normale à l'onde au point étudié.

Les déformations étant supposées petites, les conditions de compatibilité cinématique donnent, le crochet désignant la discontinuité d'une grandeur quand on passe de la région (1) à la région (2) :

$$(1)\quad [\varepsilon_{11}] = -\frac{[v_1]}{\Omega}, \qquad 2[\varepsilon_{12}] = -\frac{[v_2]}{\Omega}, \qquad 2[\varepsilon_{13}] = -\frac{[v_3]}{\Omega}, \qquad [\varepsilon_{22}] = [\varepsilon_{23}] = [\varepsilon_{33}] = 0.$$

L'équation de continuité et le théorème de la quantité de mouvement donnent

$$(2)\qquad \left[\frac{1}{\rho}\right] = -\frac{[v_1]}{\rho_1\Omega},$$

$$(3)\qquad [\sigma_{1i}] = -\rho_1\Omega[v_i].$$

Adoptons le critère d'écoulement de von Misès, généralisé pour le cas où T est variable sous la forme

$$f(s_E, T) = k,$$

où $s_E = \sqrt{\sum_{i,j} s_{ij}^2}$ et k dépend de l'écrouissage.

Les contraintes et les déformations sont alors liées par :

a. l'équation d'état :

$$(4)\qquad F(p, \rho, T) = 0;$$

b. les relations de Prandtl-Reuss (généralisées) :

$$(5)\qquad \dot{\varepsilon}_{ij} - \frac{\dot{\theta}}{3}\delta_{ij} = \frac{\dot{s}_{ij}}{2\mu} + g(f, T)\frac{\partial f}{\partial s_{ij}}\dot{f},$$

où

$$\theta = \sum_k \varepsilon_{kk}, \qquad \frac{\partial f}{\partial s_{ij}} = \frac{s_{ij}}{s_E}.$$

La forme différentielle des relations (5) exige en général qu'on suive les variations simultanées des différentes grandeurs physiques pendant toute la durée du choc. Mais supposons que le déviateur reste proportionnel à un tenseur fixe ($s_{ij} : s_{\mathrm{E}} = \mathrm{Cte}$). Dans ce cas les relations (5) s'intègrent sous la forme :

(6) $$e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \frac{\theta}{3}\delta_{ij} = \frac{s_{ij}}{s_{\mathrm{E}}}\left(\frac{s_{\mathrm{E}}}{2\mu} + \int g(f, \mathrm{T})\,df\right)$$

Par conséquent :

(7) $$[e_{ij}] = \psi^{-1}[s_{ij}], \qquad \text{avec} \quad \psi^{-1} = \frac{1}{2\mu} + [s_{\mathrm{E}}]^{-1}\int_1^2 g(f_1\, \mathrm{T})\,df.$$

En exprimant les $[e_{ij}]$ au moyen des relations (1), il vient

(a) $$[s_{11}] = -\frac{2\psi}{3\Omega}[v_1], \qquad [s_{12}] = -\frac{\psi}{2\Omega}[v_2], \qquad [s_{13}] = -\frac{\psi}{2\Omega}[v_3];$$

(b) $$[s_{22}] = [s_{33}], \qquad [s_{23}] = 0.$$

Les relations (b) montrent déjà le caractère particulier des ondes envisagées. En outre, en éliminant $[s_{11}]$, $[s_{12}]$, $[s_{13}]$ entre les relations (a) et (3), on obtient

(8) $$\left(\rho_1\Omega^2 - \frac{2}{3}\psi\right)[v_1] = \Omega[p],$$

(9) $$(2\rho_1\Omega^2 - \psi)[v_2] = (2\rho_1\Omega^2 - \psi)[v_2] = 0.$$

Si $\psi \neq 2\rho_1\Omega^2$, on a d'après (9) une onde longitudinale.

Si $\psi = 2\rho_1\Omega^2$ et si l'on néglige les variations de température, les équations (2), (4), (8) entraînent : $[v_1] = [p] = [\rho] = 0$: on a une onde transversale. En réalité le travail dissipé dans la déformation plastique produit une légère élévation de température : l'onde est donc seulement quasi transversale.

Les équations précédentes doivent être complétées par une équation thermodynamique. On applique le premier principe de la thermodynamique en supposant le phénomène globalement adiabatique. L'expression de l'énergie interne spécifique U dans l'état σ_{ij}, T se déduit de son expression supposée connue dans l'état p, T de la façon suivante. On peut passer de l'état p, T à l'état σ_{ij}, T par une déformation élastique à température et volume constants. Dans cette transformation l'entropie ne varie pas et $d\sigma_{ij} = 2\,\mu\, d\varepsilon_{ij}$, d'où

(10) $$\mathrm{U}(\sigma_{ij}, \mathrm{T}) = \mathrm{U}(p, \mathrm{T}) + \frac{1}{4\mu\rho}\sum_{i,j} s_{ij}^2.$$

B. Nous étudions maintenant les ondes longitudinales sans supposer les déformations infiniment petites et pour un critère d'écoulement quelconque.

Toutefois, nous supposons que la déformation plastique laisse le volume invariant, de sorte que l'équation d'état reste valable. La condition d'écoulement peut se mettre sous la forme

(11) $$n - p = \pm g(p, w), \qquad \text{où} \quad n = -\sigma_{11}, \qquad w = \rho^{-1},$$

le signe + correspondant aux ondes de compression ($n > p$).

On peut alors suivre la même marche que pour un fluide, le seul changement étant le remplacement de p par n dans les équations. En particulier, l'équation de l'énergie peut être écrite :

$$\text{(12)} \qquad U(n_2, \varpi_2) - U(n_1, \varpi_1) + \frac{n_1 + n_2}{2}(\varpi_2 - \varpi_1) = 0.$$

Soit M le point de coordonnées ϖ, n. L'état (1) étant supposé connu, l'équation (12) situe M_2 sur une courbe (D) qui généralise l'adiabatique « dynamique » d'Hugoniot et la solution se poursuit comme dans le cas d'un fluide. (D) est osculatrice en M_1 à l'adiabatique « statique » de M_1, courbe (S) définie par $dU + n\,d\varpi = 0$, où n est donné par (11). Cependant les deux courbes ne coïncident pas; ceci provient des échanges de chaleur par conduction à l'intérieur de l'onde de choc (le phénomène n'est que globalement adiabatique) et d'éventuels effets de viscosité négligés dans l'équation (11).

L'onde n'est stable que si la pente de la corde $M_1 M_2$ est supérieure en valeur absolue à celle de la tangente à (S) en M_1.

AÉRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude des déflecteurs de bord de fuite d'aile.* Note (*) de MM. **Jean Nougaro**, **Albert Claria** et Mlle **Paulette Hérault**, transmise par M. Léopold Escande.

Les dispositifs de volets type Wagner ou déflecteur ont fait l'objet de recherches, certaines assez récentes tant aux États-Unis [1] qu'en Allemagne [2].

Ces études concernent généralement l'utilisation de ces volets en tant qu'organes mobiles et directionnels en tangage et en roulis.

Nous avons étudié en soufflerie ce même système de volets comme dispositif fixe en les plaçant sur toute l'envergure et au bord de fuite d'un profil d'aile rectangulaire défini par la figure 1.

Nos recherches ont consisté à déterminer expérimentalement l'influence des déflecteurs sur les caractéristiques $Cz(i)$, $Cz(Cx)$ et $Cm(i)$ du profil ainsi équipé. Nous avons limité le champ de nos expériences à l'étude en veine libre à $V = 40$ m/s du profil d'allongement

$$\lambda = 3, 4, 5, 6, 7, 8 \text{ et } 9.$$

Les hauteurs $h_1 = h_2$ des déflecteurs sont comprises entre 0 et 20 mm.

Les résultats expérimentaux nous conduisent aux conclusions suivantes :

1. Caractéristiques $Cz(i)$. — Quel que soit l'allongement ou la hauteur des déflecteurs les caractéristiques ne sont linéaires que dans une faible plage d'incidence $i = \pm 6°$. La variation de dCz/di suit la loi normale de Prandtl sur l'allongement.

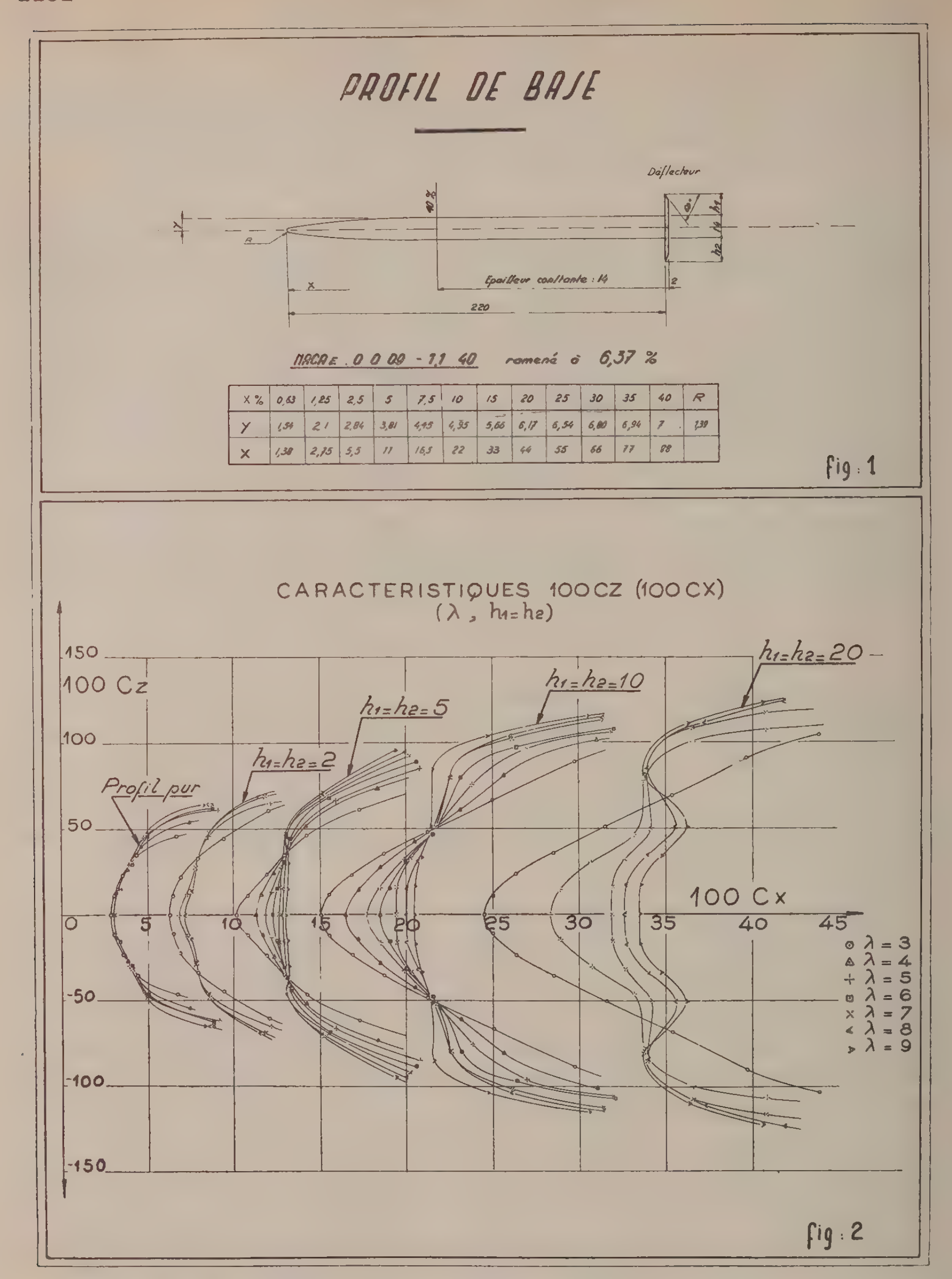
2. Caractéristiques $Cz(Cx)$. — *a.* La loi de variation de Cx est inverse de celle suivie par un profil équipé de volets classiques. Pour un même déflecteur le Cx minimal croît dans de très fortes proportions, au fur et à mesure que l'allongement augmente (*fig.* 2). Il semble que ce phénomène soit dû à l'influence de l'alimentation du sillage aval, par le tourbillon marginal d'extrémité d'aile. Cette alimentation est d'autant plus sensible que l'allongement est faible [3].

Lorsqu'on passe à l'allongement infini en disposant la maquette entre panneaux, l'aval n'est plus alimenté et le Cx ($i = 0$, $Cz = 0$) atteint sa valeur maximale.

b. Pour un allongement déterminé, nous considérons la variation de

$$\Delta Cx = Cx(\text{profil} + \text{déflecteur}) - Cx(\text{profil seul}),$$

ΔCx étant ramené à la surface des déflecteurs $S' = L(h_1 + h_2)$ pour la condition $i = 0$, $Cz = 0$. On constate que ΔCx reste constant pour les valeurs de $h_1 = h_2$ comprises entre 0 et 3 mm. Au-delà de 3 mm ΔCx décroît suivant des lois qui s'écartent de la linéarité au fur et à mesure que $h_1 = h_2$ augmente.



X %	0,63	1,25	2,5	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	R
Y	1,54	2,1	2,84	3,81	4,45	4,35	5,66	6,17	6,54	6,80	6,94	7	1,39
X	1,38	2,75	5,5	11	16,5	22	33	44	55	66	77	88	

3. Caractéristiques $Cm(i)$. — En assimilant la variation de stabilité à celle de la position du foyer aérodynamique on constate :

a. pour un même type de déflecteur, la position du foyer évolue très peu en fonction de l'allongement;

b. pour un allongement déterminé $\lambda = 7$ par exemple, la position du foyer $x_{f/l}$ varie linéairement de 26 % (profil pur) à 21 % (déflecteurs

de $h_1 = h_2 = 3$ mm). Au-delà de $h_1 = h_2 = 3$ mm, $x_{f/l}$ augmente pour atteindre des valeurs supérieures à 32 % (maximum : 32,7 % pour $h_1 = h_2 = 15$ mm).

Conclusions. — *Caractéristiques unitaires de portance* $Cz = f(i)$. — La linéarité des caractéristiques diminue lorsqu'on augmente la hauteur des déflecteurs. La valeur optimale paraît être 10 mm $< h_1 = h_2 <$ 15 mm.

Polaires $Cz(Cx)$ *caractéristiques unitaires de traînée* $Cx(i)$. — Suivant qu'on désire une traînée importante ou non, l'allongement du plan devra être choisi en conséquence. Entre $\lambda = 3$ et $\lambda = 9$ pour $h_1 = h_2 = 10$ mm, l'écart relatif de variation du Cx est de l'ordre de 25 %.

Caractéristiques de tangage $Cm(i)$. — Au-delà d'une certaine valeur $h_1 = h_2 = 3$ mm le système semble intéressant du fait du recul du foyer (pentes des courbes $Cm(i)$ augmentées].

Remarque. — En assimilant le profil pur à une plaque plane parallèle à la vitesse, et étant donné que les rayons de courbure sont grands par rapport à l'épaisseur de la couche limite, un calcul simple permet de calculer l'épaisseur de celle-ci au droit du bord de fuite de l'aile. Le cas d'expérimentation étudié donne pour ce calcul la valeur

$$\delta = 3,22 \text{ mm}.$$

Cette dimension correspond sensiblement (aux erreurs de montage d'expérimentation et de calcul près) à la valeur caractéristique $h_1 = h_2 = 3$ mm, valeur pour laquelle les caractéristiques de traînée (rapportées à la surface des déflecteurs) et de position du foyer, sont modifiées.

Une conclusion intéressante se dégage de ce résultat : les déflecteurs devront avoir une hauteur $h_1 = h_2 > \delta$.

(*) Séance du 30 octobre 1961.

(1) N.A.C.A. RM-L 57-608 *a*, septembre 1957; N.A.C.A. RM-A 57-126 *a*, décembre 1958; N.A.C.A. TN-D 236, avril 1960.

(2) Travaux du Professeur Herbert Wagner publiés par J. J. Henrici.

(3) *Influence de l'alimentation du sillage sur la traînée d'une plaque plane* L. Escande, (*Publ. scient. et techn. Min. Air*).

ÉLECTRONIQUE. — *Sur un dispositif automatique à large bande de fréquence pour la mesure de la permittivité complexe des diélectriques.* Note (*) de MM. **André Lebrun** et **Francis Louage**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le dispositif à résonance décrit permet d'effectuer la mesure de permittivité complexe dans la bande 1 kHz-10 MHz sans changer d'appareillage de mesure et de cellule. Ce dispositif se prête à une automatisation à large bande de fréquence à une variable. Il affiche directement sous forme de tensions électriques la conductance et la capacité d'une cellule de mesure. Il est adapté à l'étude rapide du spectre hertzien des diélectriques et à l'étude d'anomalies à fréquence fixe.

Principe du dispositif à résonance. — Le schéma est donné sur la figure 1.

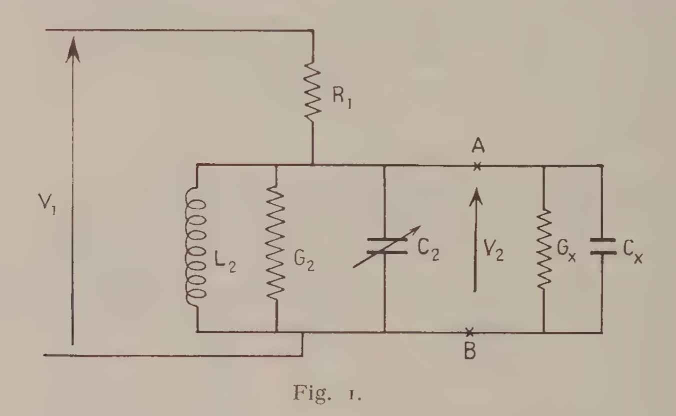


Fig. 1.

La tension de sortie s'exprime de la façon suivante :

$$V_2 = V_1 \frac{G_1}{G_1 + G_2 + G_x + j(B_2 + B_x)}.$$

Elle prend une valeur maximale lorsque $B_2 + B_x = 0$, c'est-à-dire

$$\omega(C_2 + C_x) = \frac{1}{L_2 \omega}.$$

La tension de sortie prend alors une valeur telle que

$$\frac{V_1}{V_2} - 1 = \frac{G_2 + G_x}{G_1}.$$

Avec $V_2 = \text{Cte} = 1$ V, la mesure de V_1 (en volts) donne directement :

$$G_2 + G_x = G_1(V_1 - 1).$$

La réalisation d'un équilibre avec et sans l'admittance inconnue permet de déterminer les éléments parallèles G_x et B_x.

Appareil à commande manuelle. — Il comprend un générateur stabilisé en amplitude (1 à 4 V), un atténuateur variable, un voltmètre électronique qui permet de mesurer V_1 et V_2 et le circuit à résonance (*fig.* 2).

L'utilisation des différentes conductances standard G_1 : 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4} siemens permet de mesurer les conductances de 10^{-7} à 2.10^{-4} siemens.

La self L_2 est facilement interchangeable.

Les composantes G_x et C_x sont obtenues à mieux que 1 %, remarquons que la précision obtenue sur C_x dépend de l'acuité de la courbe de réso-

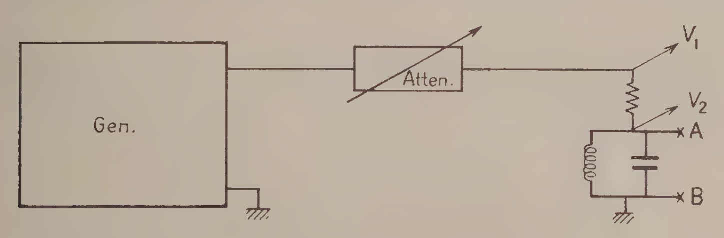


Fig. 2.

nance (valeur de G_x) et que la précision sur G_x ne dépend que de la lecture de V_1 (V_2 = Cte).

Pour augmenter la précision de mesure de la composante capacitive dans le cas des dipôles à fortes pertes il est commode de visualiser le déphasage V_2 par rapport à V_1. Il est nul à la résonance. L'utilisation d'un détecteur de phase permet encore d'augmenter cette précision.

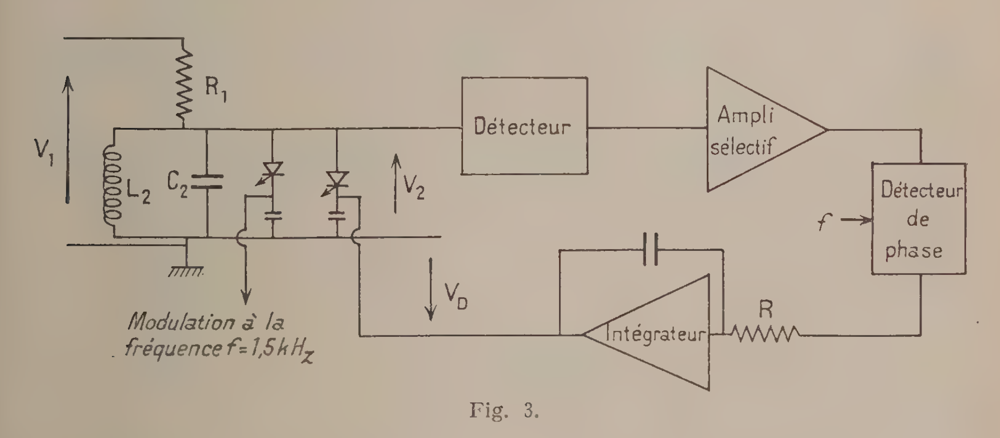


Fig. 3.

Appareil asservi électroniquement. — L'appareil est asservi à rester constamment à la résonance. Une petite partie de la capacité d'accord du circuit résonnant est modulée à fréquence fixe par une tension sinusoïdale. On obtient ainsi après détection un signal d'erreur dont la phase varie comme la dérivée de la courbe de résonance et s'annule à la résonance. Ce signal commande la capacité d'accord.

La modulation en capacité est réalisée à partir d'une diode à jonction « Varicap » placée en parallèle sur le circuit résonnant (tension de polarisation modulée en amplitude à fréquence fixe, 1,5 kHz).

Le signal détecté, amplifié sélectivement, appliqué à un détecteur de phase puis intégré, commande une seconde diode « Varicap » qui maintient le circuit à la résonance. La figure 3 donne le diagramme fonctionnel de la chaîne.

La valeur des éléments du dipôle inconnu est donnée par affichage des tensions V_D et V_2 proportionnelles à C_x et G_x.

Caractéristiques. — La fréquence de modulation de la diode reste constante, ce qui permet une automatisation dans une large bande de fréquence : 300 kHz-5 MHz.

La limite de 5 MHz est due au coefficient de qualité des diodes à jonction utilisées :

gamme de capacité : 50 pF;

gamme de conductance : $2 10^{-4}$ à 10^{-6} siemens.

La précision d'équilibre est de l'ordre de 10^{-3} et le temps de réponse du système asservi est inférieur à 0,1 s.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(*Laboratoire de Radioélectricité et Électronique,*
Faculté des Sciences, 50, rue Gauthier-de-Châtillon, Lille.)

ÉLECTRONIQUE. — *Sur quelques propriétés d'un circuit à réaction permettant l'extraction de la racine carrée.* Note (*) de MM. **James A. Burt** et **Igor Gumowski**, présentée par M. Charles Camichel.

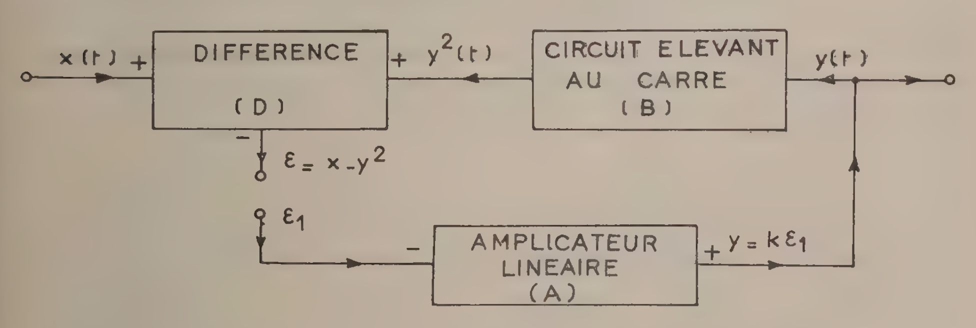
L'étude expérimentale et théorique montre qu'un circuit d'extraction de la racine carrée possède des propriétés essentiellement différentes de celles d'un circuit à réaction ordinaire.

L'extraction de la racine carrée d'un signal $x(t)$ peut s'obtenir en principe au moyen du schéma à réaction bien connu de la figure. En pratique, cependant, les circuits réalisant ce schéma sont instables pour la valeur du gain statique $|k|$ nécessaire pour assurer même une précision très modérée, comme par exemple une différence de 10 à 15 % entre $\sqrt{|x|}$ calculé théoriquement et $\sqrt{|x|}$ mesuré dans le circuit.

Pour déterminer les facteurs qui limitent si sévèrement la précision possible nous avons entrepris une étude de six réalisations différentes du schéma de la figure [1]. Cette étude a montré que quel que soit le principe technique utilisé pour sa réalisation le fonctionnement du circuit correspondant peut se décrire au moyen de l'équation différentielle.

$$y''(t)+\alpha y'(t)+\beta y(t)=\beta k x(t)-\beta k\sum_{i=0}^{n}\gamma_i[y(t)+\delta_i y'(t)]^i, \tag{1}$$

où k, α, β et γ_i, δ_i, $i=0, 1, \ldots, n$, sont des paramètres qui caractérisent respectivement la partie linéaire A et D et la partie non linéaire B.



Si $\varepsilon=\varepsilon_1$ et $|k|\gg 1$, $x-y^2=y/k\approx 0$ et l'on a $y\approx+\sqrt{|x|}$.

Indépendamment de sa structure technologique le circuit de la figure possède, entre autres, les propriétés expérimentales suivantes :

a. Lorsqu'on augmente le gain statique $|k|$ de l'amplificateur A, à partir d'une certaine valeur $k=k_0$, il y a instabilité prenant la forme d'oscillations auto-entretenues à haute fréquence.

b. Une réduction de la largeur de bande de l'amplificateur linéaire A, c'est-à-dire une réduction de son gain à haute fréquence, n'empêche généralement pas l'instabilité de se produire, contrairement aux circuits habituels.

c. Si $x(t) = h\,Y(t)$, $Y(t) = 1$ pour $t > 0$ et 0 pour $t < 0$, h étant une constante, la courbe $h = f(k_0)$ a une forme hyperbolique.

d. Un changement de polarité de l'amplificateur linéaire A n'a pratiquement aucun effet sur la stabilité, contrairement aux circuits habituels, linéaires ou non linéaires.

Les propriétés citées peuvent aussi se déduire de l'équation (1). En effet, posant $x(t) = h$ et $y(t) = z(t) + C$, C étant une racine de l'équation

$$\beta C = \beta k h - \beta k \sum_{i=0}^{n} \gamma_i C^i, \tag{2}$$

(1) se transforme en

$$z''(t) + \alpha z'(t) + \beta z(t) = \beta k h - \beta k \sum_{i=0}^{n} \gamma_i [C + z(t) + \delta_i z'(t)]^i. \tag{3}$$

L'équation (3) fut nommée par Ljapunov l'équation du mouvement perturbé correspondant au mouvement non perturbé $y(t) = C$. D'après Ljapunov [2], la stabilité locale de la solution $y(t) = C$ peut se déterminer à partir de la partie linéaire de (3), c'est-à-dire à partir de

$$\left\{\begin{array}{l} z''(t) + P(C)z'(t) + Q(C)z(t) = 0, \\ P(C) = \alpha + \beta k C(\gamma_1\delta_1 + 2\gamma_2\delta_2 C + 3\gamma_3\delta_3 C^2 + \ldots), \\ Q(C) = \beta + \beta k(\gamma_1 + 2\gamma_2 C + 3\gamma_3 C^2 + \ldots), \end{array}\right. \tag{4}$$

à condition que $P(C) \neq 0$ et $Q(C) \neq 0$. La limite de stabilité étant déterminée par $P(C) = 0$, éliminons C entre cette relation et (2).

Le résultat est

$$\alpha + m\left(\gamma_1\delta_1 h^{\frac{1}{2}} + 2\delta_2\gamma_2^{\frac{1}{2}} h + 3\gamma_3\delta_3 h^{\frac{3}{2}} + 4\gamma_4\delta_4 h^2 + \ldots\right) = 0, \qquad \text{où} \quad m = \frac{\beta k}{\sqrt{\gamma_2}} \tag{5}$$

Puisque $Q(C) \approx (2\pi f)^2$, f étant la fréquence d'oscillation, on a $f \gg 1$ car $\beta k \gg 1$.

Posant $k = k_0$ dans (5) on obtient bien une forme hyperbolique pour $h = f(k_0)$.

Examinant la forme de P (C) il est évident que pour un intervalle limité $0 < \alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_1$ on peut avoir $P(C) < 0$ quelle que soit la valeur de α.

Pour un $h > 0$ fixe et $|\gamma_i| \ll |\gamma_2|$, $i \neq 2$, car le circuit B est supposé de bonne qualité au moins pour l'opération statique, l'équation (2) admet une racine $C > 0$ et une racine $C_1 < 0$. Si les paramètres de (1) ont des valeurs telles que la solution $y(t) = C$ est stable, un examen de (4) montre

que la solution $y(t) = C_1$ est alors instable. Si l'on remplace k par $-k$, C et C_1 échangent leurs rôles et pratiquement rien ne se trouve changé dans le circuit de la figure, excepté qu'on a à la sortie $y(t) \approx -\sqrt{|x(t)|}$ au lieu de $y(t) \approx +\sqrt{|x(t)|}$.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) Mémoire à paraître à l'Université Laval de Québec.

(2) M. A. Ljapunov, *Problème général de la stabilité du mouvement* (*Annales Faculté des Sciences*, Toulouse, 9, 1907).

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Étude comparée des monocétones et des dicétones à l'état liquide, à l'état dilué et à l'état de vapeur.* Note (*) de M. **Jean Gerbier**, présentée par M. Jean Lecomte.

On compare l'énolisation des monocétones et des dicétones à l'aide de leurs spectres d'absorption infrarouge. Cette étude permet de montrer que les monocétones, partiellement énolisées à l'état liquide, n'y sont plus à l'état de vapeur et que l'énolisation des dicétones augmente, lorsqu'on passe de l'état liquide à l'état dilué, puis à l'état de vapeur.

Notre étude a été faite en comparant les spectres d'absorption infrarouge de différentes cétones à l'état liquide, à l'état dilué et à l'état de vapeur. Ces spectres ont été pris à l'aide de deux spectrographes Perkin-Elmer, modèle 21, dont l'un est équipé d'un prisme en fluorure de lithium et l'autre d'un prisme en chlorure de sodium. Les résultats montrent qu'il convient de distinguer le cas des monocétones et celui des dicétones.

Cas des monocétones. — Nous avons étudié les spectres de l'acétone, de la méthyléthylcétone (*fig.* 1), de la diéthylcétone, de la méthylpropylcétone et de la méthylisobutylcétone, à l'état liquide et à l'état de vapeur entre 2 et 15 μ. Ces spectres montrent, qu'à l'état liquide, ces substances présentent une bande d'absorption notable vers 3 600 cm^{-1} (à côté de la bande à 3 400 cm^{-1} attribuée au premier harmonique de la vibration de valence C=O) [1], et une faible bande vers 1600 cm^{-1}. Ces deux bandes disparaissent complètement à l'état de vapeur. Elles sont attribuables respectivement à la vibration O—H et à la vibration C=C de molécules de cétones énolisées présentes dans la phase liquide et absentes en phase vapeur. L'équilibre céto-énolique peut, dans le cas de l'acétone par exemple, se schématiser par l'écriture :

$$(CH_3)_2C{=}O \rightleftharpoons CH_2{=}C(CH_3){-}O{-}H$$

Cet équilibre est déplacé vers la forme cétonique, lorsqu'on passe de l'état liquide à l'état de vapeur.

Cas des dicétones. — Nous avons étudié les spectres de l'acétylacétone (*fig.* 2) et de l'acétonylacétone, à l'état liquide, à l'état dilué à raison de 5 molécules de cétone pour 100 de tétrachlorure de carbone, et à l'état de vapeur. Ces substances ne présentent pas d'absorption dans la région 3 600 cm^{-1}, mais une très forte bande dans la région 1620 cm^{-1} (qui demeure à l'état dilué et à l'état de vapeur) et une bande plus faible vers 1720 cm^{-1} qui diminue d'intensité à l'état dilué et disparaît dans la phase vapeur. Ceci montre que l'énolisation partielle des molécules de dicétones, en phase liquide, augmente à l'état dilué et devient totale à l'état de vapeur. Cette évolution avait déjà été signalée par des procédés

chimiques ([2]). L'absence de bandes d'absorption dans la région 3 600 cm^{-1} montre que, dans les molécules de dicétones énolisées, il y a une forte chélation entre l'hydrogène de la fonction énol et l'oxygène de la fonction

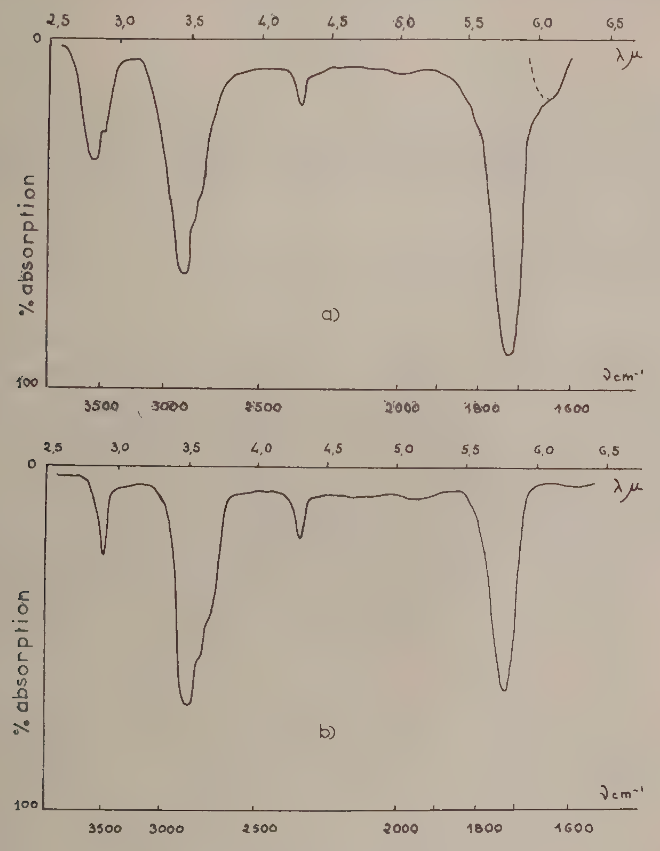


Fig. 1. — Absorption de la méthyléthylcétone entre 2,5 et 6,5 μ.
(*a*) liquide; (*b*) gazeux.

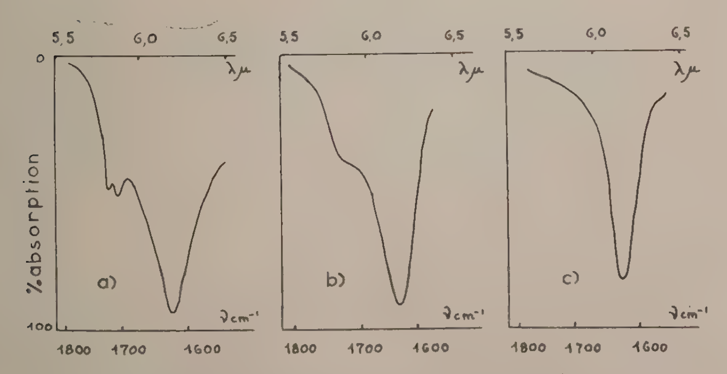


Fig. 2. — Absorption de l'acétylacétone entre 5,5 et 6,5 μ.
(*a*) liquide; (*b*) dilué 5 % dans CCl_4; (*c*) gazeux.

cétonique non énolisée. Il apparaît, dans la molécule, un état de résonance qu'on peut, conformément à l'hypothèse de Kohlrausch ([3]), symboliser par l'écriture :

$$CH_3-C\overset{CH}{\diagup\ \ \diagdown}C-CH_3 \qquad (O \cdots H \cdots O)$$

La fréquence de vibration de la liaison O—H est considérablement perturbée et n'apparaît pas dans la région habituelle de 3 600 cm^{-1}.

— Par leur énolisation à l'état liquide, les monocétones semblent se rapprocher des dicétones.

— Par leur « non-énolisation » à l'état de vapeur, les monocétones semblent s'éloigner des dicétones.

Il n'est pas impossible que l' « état de couplage » de deux molécules de certaines monocétones, qui existe à l'état liquide et non à l'état de vapeur et qui a été souvent constaté par ailleurs, soit responsable de ce fait.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

([1]) J. Lecomte, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1481.

([2]) Grignard, *Chimie organique*, 7, p. 1297 et suiv.

([3]) Kohlrausch, *Ramanspektren*, p. 278.

(*Laboratoire de Physique moléculaire, Faculté des Sciences de Poitiers.*)

OPTIQUE DES MÉTAUX. — *Sur les propriétés optiques de certaines lames minces métalliques dans le proche infrarouge.* Note (*) de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Lecomte.

Les propriétés optiques d'un métal dans le proche infrarouge dépendent, lorsque interviennent seulement les électrons de conduction (quasi libres), de trois paramètres microscopiques. Ce sont : la masse efficace m^* de ces électrons, leur temps de relaxation τ, et leur vitesse maximale v.

Il est commode ([1]) d'introduire deux longueurs, qui sont reliées aux deux premiers paramètres par les relations

$$\lambda_0^2 = \frac{\pi m^* c^2}{Ne^2}, \qquad \lambda_\tau = 2\pi c\tau,$$

où c, vitesse de la lumière dans le vide; N, nombre des électrons de conduction par unité de volume; e, charge des électrons. Dans le cas des métaux nobles (Cu, Ag et Au) et de leurs alliages dilués, il faut tenir compte de ce qu'on désigne habituellement sous le nom d'effet de peau anomal. Pour ce faire, nous introduirons une longueur λ'_τ reliée à λ_τ par la relation

$$\frac{1}{\lambda'_\tau} = \frac{1}{\lambda_\tau}\left(1 + \frac{3}{8}\frac{v}{c}\frac{\lambda_\tau}{\lambda_0}\right).$$

En première approximation, on peut supposer que τ est le même que lorsque les électrons sont accélérés par un champ électrique stationnaire (courant continu), c'est-à-dire que $\tau = \sigma m/Ne^2$, où σ est la conductibilité électrique en courant continu du métal. Le but de cette Note est de montrer, d'une part, qu'il est possible de déterminer les deux paramètres microscopiques λ_0 et λ'_τ simplement à partir de la mesure, pour des couches minces, de R et de T dans une certaine région du spectre, et d'autre part, qu'aussi bien R que T sont des fonctions linéaires de $1/\lambda^2$.

Dans le cas des métaux qui nous intéressent, λ_0 est de l'ordre d'un millier d'Angströms, tandis que λ'_τ est de quelques dizaines de microns. Dans la région spectrale comprise entre 1 μ et quelques microns, les inégalités $(\lambda_0/\lambda)^2 \ll 1$ et $(\lambda/\lambda'_\tau)^2 \ll 1$ sont valables. L'indice complexe du métal peut s'écrire, avec une bonne approximation,

$$n - ik = \frac{\lambda^2}{2\lambda_0\lambda'_\tau} - i\frac{\lambda}{\lambda_0}.$$

Compte tenu de ce qui précède, on peut montrer que, pour des couches minces peu transparentes (disons, pour fixer les idées, dont le facteur de transmission T ne dépasse pas 0,10), les variations, avec la longueur d'onde λ de la radiation incidente, de T et du facteur de réflexion R sont

données, dans le cas de l'incidence normale, par les expressions suivantes :

$$R = 1 - \frac{n_0 \dfrac{2\lambda_0}{\lambda'_\tau}\left(1 + \dfrac{8\pi d}{\lambda_0} e^{-\frac{4\pi d}{\lambda_0}}\right)}{1 - 2e^{-\frac{4\pi d}{\lambda_0}}} - \frac{A}{\lambda^2},$$

$$T = \frac{A}{\lambda^2},$$

avec

$$A = \frac{16 n_0 n_s \lambda_0^2 e^{-\frac{4\pi d}{\lambda_0}}}{1 - 2e^{-\frac{4\pi d}{\lambda_0}}}.$$

Nous avons désigné par d l'épaisseur de la couche mince, par n_s l'indice de la substance sur laquelle elle est déposée, et par n_0 l'indice du premier milieu (en général, l'air).

Deux remarques sont à faire.

1. Pour une couche donnée, dans l'intervalle spectral envisagé, $R + T = \text{Cte}$. En d'autres termes, l'énergie absorbée par une couche mince donnée est constante dans tout l'intervalle en question. Pour le métal massif ($d = \infty$), on a

$$A_\infty = 1 - (R + T) = 2 n_0 \frac{\lambda_0}{\lambda'_\tau}$$

et l'absorption A augmente au fur et à mesure que l'épaisseur de la couche diminue :

$$A = A_\infty \frac{1 + \dfrac{8\pi d}{\lambda_0} e^{-\frac{4\pi d}{\lambda_0}}}{1 - 2e^{-\frac{4\pi d}{\lambda_0}}}$$

2. Pour un métal donné, la transmission T ne dépend que de λ_0 et non de λ'_τ. Or, λ_0 est relié à la profondeur de pénétration δ d'une onde dans le métal par la relation $\delta = \lambda_0/2\pi$. Ceci montre bien que la transparence d'une lame mince métallique ne dépend que de la profondeur de pénétration de l'onde, et non de λ'_τ, qui est relié à la résistivité de la couche. Autrement dit, quelle que soit la résistivité de la couche (pourvu toutefois qu'elle ne soit pas trop grande), sa transparence restera inchangée si λ_0 n'est pas modifié. Ce résultat peut avoir des conséquences pratiques non négligeables. En effet, une simple mesure de T (λ) permet, si d est connu, de déterminer λ_0 pour un métal donné, donc la masse efficace m^* de ses électrons de conduction.

Il est évident que la seule mesure de R en fonction de λ permet, lorsqu'on connaît d, de déterminer λ_0 et λ'_τ, tandis que la mesure de T seul n'est pas suffisante.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) MOTT et JONES, *The theory of the properties of metals and alloys*, Oxford University Press, p. 112.

(*Institut d'Optique théorique et appliquée, Paris.*)

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Photographie ultrarapide de la face de sortie d'un cristal de rubis fournissant l'émission « laser »*. Note (*) de MM. **Jean-Claude Borie**, **Michel Durand** et **Alain Orszag** [1], présentée par M. André Léauté.

Les expériences décrites avaient pour but d'enregistrer la lumière produite au cours de l'effet « laser » et d'analyser l'intensité et la polarisation de la lumière provenant des diverses portions de la face de sortie du cristal générateur.

Utilisant un rubis cylindrique de 4 mm de diamètre, dont l'axe optique coïncide avec l'axe géométrique, on a opéré dans les conditions habituelles de l'émission « laser » [2], [3]. Celle-ci produit un faisceau de lumière dont l'ouverture angulaire avoisine 0°,5. On s'est placé légèrement au-dessus du seuil de l'émission stimulée. L'oscillogramme de cette dernière, donné par un photomultiplicateur, fait voir une succession d'impulsions ou « pics », de hauteurs inégales. Chaque impulsion dure environ 1 μs. L'intervalle moyen des pics était de l'ordre de 7 μs; il décroît sensiblement quand la durée totale de l'émission passe de 60 μs à 140 μs (*fig.* 1).

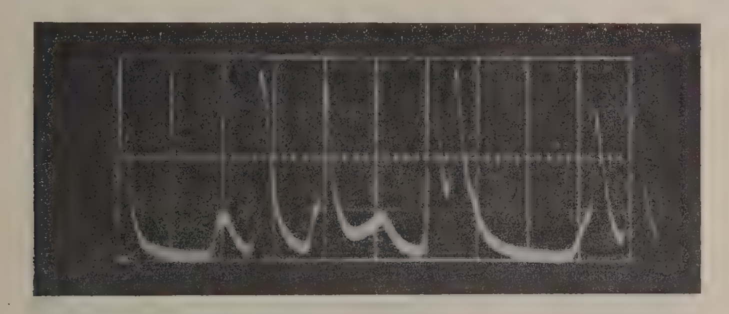


Fig. 1. — Oscillogramme de l'intensité de lumière « laser ».
(Échelle : 20 μs/cm.)

La face de sortie du cristal a été photographiée à l'aide d'une caméra ultrarapide, construite par la Direction des Études et fabrications d'Armement. Elle comporte un miroir tournant à une vitesse angulaire réglable, qui peut atteindre plusieurs milliers de hertz; sur ce miroir est formée une première image de l'objet à cinématographier. Le faisceau de lumière réfléchi atteint successivement des appareils photographiques miniature disposés côte à côte sur un cylindre, dont l'axe est celui de la rotation du miroir. Le film obtenu de cette manière contient 120 vues successives à l'intervalle minimum de 0,5 μs, la durée de l'exposition de chaque cliché étant alors de l'ordre de 0,1 μs.

Le dépouillement des clichés obtenus met en évidence de brèves périodes d'éclairement correspondant aux impulsions, séparées par des périodes d'obscurité ou d'éclairement presque nul.

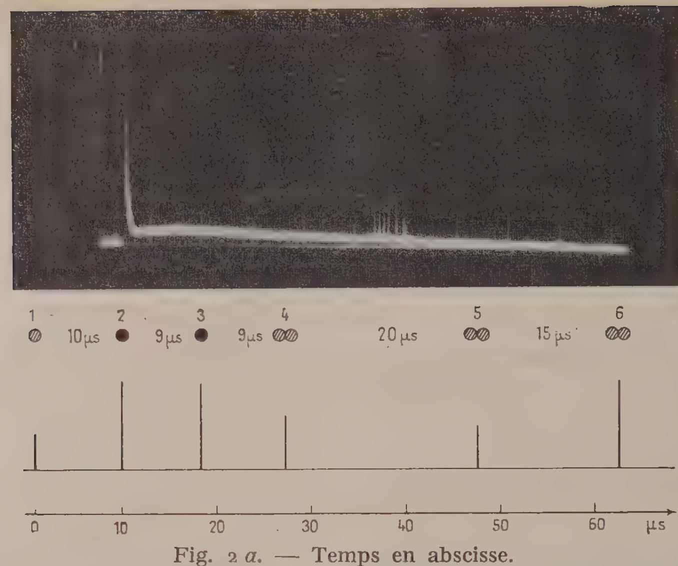


Fig. 2 *a*. — Temps en abscisse.

Figure du haut : Dessin de la face telle qu'elle apparaît sur la bande cinématographique. *Figure du bas* : Représentation dilatée de l'oscillogramme correspondant. (Seul l'emplacement des pics est figuré.) (*Voir* photographie de l'oscillogramme jointe.)

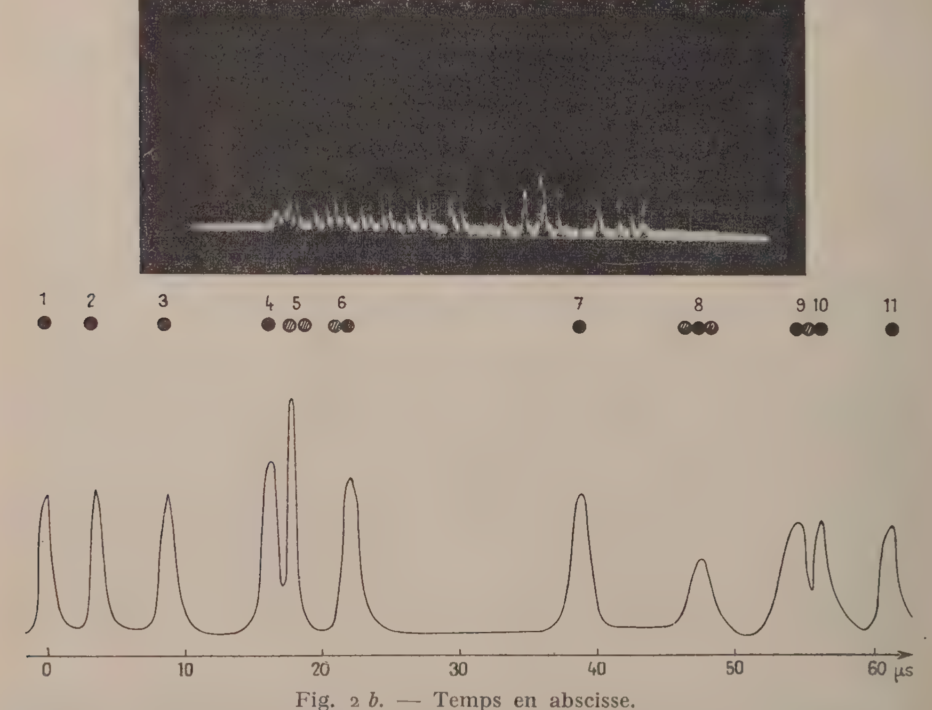


Fig. 2 *b*. — Temps en abscisse.

Figure du haut : Dessin de la face telle qu'elle apparaît sur la bande cinématographique (extrait). *Figure du bas* : Représentation dilatée de l'oscillogramme correspondant (extrait). (*Voir* photographie de l'oscillogramme jointe.)

On a pu dans plusieurs cas comparer l'éclairement global de la face ainsi obtenu à l'enregistrement, au moyen d'un photomultiplicateur, de l'intensité du faisceau. Les maximums d'éclairement, qui sont très prononcés, concordent bien avec ceux de l'enregistrement (*fig.* 2 *a* et 2 *b*).

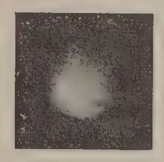


Fig. 3. — Diamètre de la face : 4 mm.

Dans les périodes d'éclairement, toute la face est lumineuse et son aspect est granulaire. La dimension des granules lumineux, très irrégulière, est de l'ordre de 0,01 cm, et rapprochée de l'ouverture du faisceau « laser », confirme une corrélation signalée par Collins [4] (*fig.* 3).

Dans la seconde expérience, la lumière émise durant l'effet « laser » traverse un cristal de spath biréfringent qui la sépare en deux faisceaux polarisés rectilignement suivant des directions orthogonales. Elle pénètre dans la caméra ultrarapide et fournit dans chaque appareil photographique



Fig. 4.

deux images séparées de la face de sortie. On voit sur le film que les intervalles d'éclairement ou d'obscurité sont simultanés pour l'ensemble de la face.

Cependant les deux images sont très différentes dans les détails et dans la répartition générale des intensités (*fig.* 4), ce qui indique des polarisations locales distinctes, et qui évoluent par ailleurs au cours du temps.

(*) Séance du 16 octobre 1961.

[1] Avec la collaboration technique de Mlle Wetzel.

[2] T. H. Maiman, *Nature*, 187, 1960, p. 493.

[3] R. J. Collins, D. F. Nelson, A. L. Schawlow, W. Bond, C. G. B. Garett et W. Kaiser, *Phys. Rev. Letters*, 5, 1960, p. 303.

[4] R. J. Collins et D. F. Nelson, *Optical Society Meeting*, Pittsburgh, March 1961.

(*Laboratoire de l'École Polytechnique.*)

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Contribution à l'étude des propriétés optiques du platocyanure de strontium cristallisé, dans le visible et l'ultraviolet.* Note (*) de M. **Claude Moncuit**, transmise par M. Auguste Rousset.

Mise en évidence dans le proche ultraviolet d'un fort dichroïsme. On a déterminé les constantes optiques à l'aide de mesures du facteur de réflexion et l'on a calculé la force d'oscillateur correspondante.

Le platocyanure de strontium, $Pt(\overset{\frown}{CN})_4 Sr, 5 OH_2$, se présente sous la forme de cristaux incolores, monocliniques (groupe C_{2h}^{3}). Le plan des axes optiques est parallèle à (100), mais les axes principaux de l'ellipsoïde des indices, excepté naturellement celui qui est dirigé suivant l'axe binaire, ne conservent pas une orientation fixe. Il est optiquement négatif, au moins jusque vers 4 400 Å, car l'indice le plus petit subit une dispersion très marquée ([1]). Ce composé se distingue des platocyanures de magnésium, de baryum et de calcium que nous avons déjà étudiés. Ces complexes, différemment colorés sont, en effet, optiquement positifs et c'est le plus grand indice, toujours parallèle à l'axe *c* du cristal, qui est le plus dispersé.

Nous avons déterminé les constantes optiques d'un monocristal, dans le visible et l'ultraviolet, suivant une méthode déjà décrite ([2]), à l'aide de mesures du facteur de réflexion du cristal au contact de deux milieux d'indice différent : d'une part l'air, d'autre part la vaseline, complètement transparente dans tout le domaine de longueurs d'onde utilisé. On a choisi comme surface réfléchissante une face (100) parfaitement polie, qui présente toujours deux directions d'extinction constantes : une suivant l'axe binaire *b*, l'autre suivant l'axe *c*.

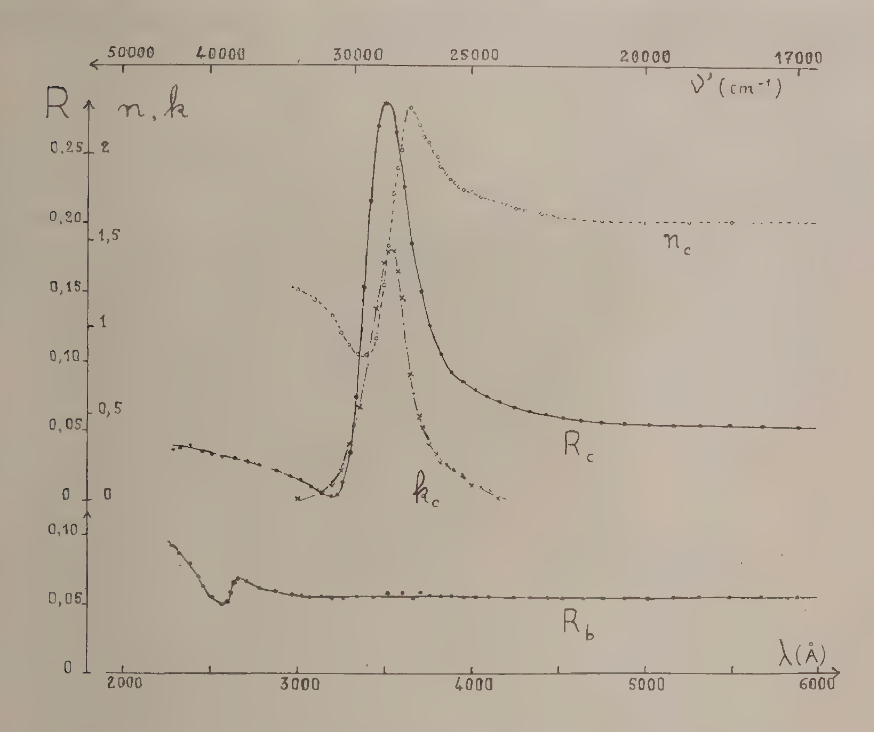
Les mesures ont été faites au moyen d'un spectrophotomètre Perkin-Elmer, modèle 12-C, adapté à ce genre de mesures par l'interposition entre la source et la fente d'entrée d'un dispositif réflecteur. Les avantages de cette méthode sur la photométrie photographique, technique primitivement utilisée, sont manifestes. Ainsi, reprenant des mesures sur les platocyanures de magnésium et de calcium, nous avons pu obtenir avec beaucoup plus de précision le profil de la bande d'absorption et déceler plusieurs composantes.

Les résultats obtenus pour une vibration polarisée suivant l'axe *c* ou l'axe *b* sont illustrés par les courbes qui donnent les variations en fonction de la longueur d'onde du facteur de réflexion R_c, des indices de réfraction n_c et d'extinction k_c d'une part; du facteur de réflexion R_b d'autre part.

Mise à part la région située en deçà de 3 000 Å, zone d'absorption que nous espérons pouvoir étudier directement, par transmission, une vibration parallèle à *b* est réfléchie à un taux pratiquement constant. On se trouve dans un domaine de transparence et la dispersion de l'indice est trop faible pour influer de façon sensible sur le facteur de réflexion.

Par contre, une vibration parallèle à c est fortement absorbée de 3 000 à 4 200 Å. Le coefficient d'absorption, $\eta = 4\pi k/\lambda$, est maximal à 3 530 Å (28 300 cm^{-1}), il s'élève alors à $5{,}15.10^5$ cm^{-1}. L'intensité de cette absorption justifie la technique employée : pour que le taux de lumière transmise soit de 1 %, il faudrait une lame dont l'épaisseur n'excède pas 0,04 μ.

Il est difficile d'affirmer qu'il s'agit d'une bande d'absorption unique. L'allure de la courbe $k_c(\lambda)$ semble, en effet, témoigner de la présence d'une seconde bande située vers 4 000 Å, mais en tout cas beaucoup moins intense que la précédente. Sans commettre une erreur importante on peut



donc calculer la force d'oscillateur de la transition considérée en supposant qu'il n'y a qu'une bande d'absorption. Ce calcul, effectué au moyen des relations auxquelles conduit l'application de la théorie de Drude, suivant un principe déjà exposé ([2]), donne $f \simeq 0{,}75$.

La courbe $2nk = \varphi(1/\lambda)$, calculée pour cette valeur de f, s'accorde bien avec l'expérience.

Ainsi, malgré un comportement assez différent dans le visible, le platocyanure de strontium possède par ailleurs des propriétés optiques comparables à celles que nous avons déjà observées dans le cas des platocyanures de magnésium, de baryum et de calcium, notamment un net dichroïsme. Une vibration polarisée suivant l'axe c du cristal subit ici encore une forte absorption accompagnée de réflexion sélective élevée. Or on sait que, dans le cas des complexes de magnésium, de baryum et de calcium, l'axe c joue

un rôle privilégié, car il est normal aux plans des ions complexes $Pt(CN)_4^{=}$ disposés parallèlement, équidistants entre eux. On peut donc envisager une structure similaire pour le sel de strontium. De plus, nous avons déjà remarqué que, dans la série magnésium, baryum, calcium, le maximum d'absorption se déplaçait vers les fréquences plus élevées en même temps que croissait la distance des ions complexes. Comme cette distance est pour le platocyanure de strontium encore plus grande, il est satisfaisant de rencontrer la zone d'absorption dans le proche ultraviolet.

En résumé, pour tous ces platocyanures, on observe une transition électronique très intense, de symétrie A_{2u} dans le groupe D_{4h} de l'ion complexe plan $Pt(CN)_4$. L'interprétation de cette transition sera faite dans un Mémoire ultérieur.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) H. Brasseur et A. de Rassenfosse, *Mém. Acad. roy. de Belgique* (classe des sciences), 16, 1937.

(2) C. Moncuit, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1240.

(*Laboratoire des Recherches physiques, Sorbonne.*)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Fonction d'excitation de la réaction nucléaire* $^{238}U(p, 3n)$ ^{236}Np *entre* 30 *et* 150 MeV. Note de

M. **Marc Lefort**, présentée par M. Francis Perrin.

On isole chimiquement ^{236}Pu issu par filiation β^- de ^{236}Np. Les sections efficaces mesurées sont comparées à celles calculées pour la réaction $(p, 3n)$. L'accord est bon en utilisant l'hypothèse de compétition fission-spallation.

Les réactions nucléaires de type $(p, x\,n)$ sur les noyaux lourds, peuvent s'expliquer par deux mécanismes; *a.* formation de noyau composé, puis désexcitation de ce noyau par l'évaporation de x neutrons et par fission; *b.* cascade d'interaction directe conduisant à l'éjection de 1, 2 ou 3 neutrons, suivie de l'évaporation à partir du noyau résiduel de $x-1$, $x-2$ ou $x-3$ neutrons. On a pu constater qu'on obtenait un accord satisfaisant entre le calcul effectué d'après ces principes et les sections efficaces mesurées, au moins pour les noyaux cibles de bismuth [1] et de thorium [2], à condition toutefois de tenir compte de la désexcitation par fission dans le dernier cas.

Nous nous sommes intéressé en particulier à la réaction $(p, 3\,n)$ produite sur l'uranium, après l'avoir examinée dans le cas du thorium. Elle conduit au neptunium 236 qui se désintègre pour 57 % en plutonium 236 par émission β^-. Ce dernier isotope à radioactivité α, de période 2,9 ans, est facile à étudier.

Plusieurs mois après avoir irradié au synchrocyclotron d'Orsay des cibles d'uranium métallique en lames de 0,3 mm d'épaisseur, on séparait le plutonium. L'uranium était dissous sous forme de nitrate d'uranyle et le plutonium réduit à la valence IV. L'extraction du plutonium à partir d'une solution normale d'acide nitrique était effectuée au moyen d'une solution benzénique de thenoyltrifluoracétone [3]. Le rendement de l'opération, mesuré à plusieurs reprises avec une solution déjà purifiée de concentration connue en plutonium, était de 80 %. La quantité d'uranium entraînée est très faible. D'après les spectres α, la hauteur des pics de 4,76 et 4,2 MeV correspond à environ 1/1000e de la quantité initiale. Le thorium est éliminé surtout par un lavage de la phase organique avec une solution normale d'acide nitrique. On a cependant décelé quelquefois le pic du radiothorium dans les spectres. La mesure des rayons α est faite à l'aide d'une chambre à impulsions à collection électronique.

La fonction d'excitation obtenue présente les mêmes caractéristiques que celle du protactinium 230 formé à partir de thorium 232. Les valeurs à diverses énergies sont données dans le tableau I.

On a calculé les sections efficaces de la réaction $(p, 3\,n)$ en utilisant d'une part les résultats de Metropolis et al. [4], pour les cascades d'interaction directe (P, N) et (P, 2 N), d'autre part la méthode décrite par ailleurs

pour la désexcitation des noyaux résiduels ([5]). Les rapports de probabilités d'évaporation et de fission ($\Gamma n/\Gamma f$) choisis pour chaque noyau ont été estimés d'après les courbes de Vandenbosch et Huizenga ([6]).

Tableau I.

Énergie (MeV).	σ exp. (mb).	Rapport fission.	σ sans fission d'après le neptunium.	σ sans fission d'après le protactinium.	σ calc.
150	2,6 ± 0,5	6	15,6 ± 3	18	23 ± 5
120	2,5 ± 0,5	–	–	–	–
80	4 ± 1	6,85	27,5 ± 5	30	30 ± 7
70	6 ± 1	–	–	–	–
65	5 ± 1	–	–	–	–
55	5 ± 1	–	–	–	–
38	9 ± 1,5	13,3	120 ± 20	135	140 ± 30
32	30 ± 5	13,3	400 ± 100	300	–

Le tableau montre qu'en tenant compte de ces rapports, on peut à partir de la section expérimentale remonter à la valeur qu'on obtiendrait si la fission n'intervenait pas. Celle-ci est comparée au résultat obtenu de la même façon ([2]) pour la réaction sur le thorium, mais avec des rapports de fission différents, correspondant aux protactinium. Enfin on indique la valeur entièrement calculée.

On peut remarquer que l'accord est satisfaisant tout au long de la fonction d'excitation, compte tenu des marges d'erreurs expérimentales et de l'incertitude des calculs suivant la méthode dite de « Monte-Carlo ».

([1]) R. E. Bell et H. M. Skargaard, *Can. J. Phys.*, 34, 1956, p. 745.
([2]) C. Brun et G. N. Simonoff, *J. Phys. Rad.* (sous presse).
([3]) F. L. Moore et J. E. Hudgens Jr., *Anal. Chem.*, 1, 1957, p. 767.
([4]) N. Metropolis, R. Bivins, M. Storm, A. Turkevich, J. M. Miller et G. Friedlander, *Phys. Rev.*, 110, 1958, p. 185.
([5]) M. Lefort, et G. Simonoff X. Tarrago, *Nuclear Phys.*, 25, 1961, p. 216.
([6]) *IIe Conf. Genève*, O. N. U., P/688.15, 1958, p. 284.

(*Laboratoire Joliot-Curie de Physique nucléaire, Faculté des Sciences de Paris-Orsay.*)

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Théorie mathématique des formes de raie de résonance de spins nucléaires en mouvement lent.* Note de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous présentons ici une théorie générale des formes de raie de résonance de spins nucléaires en mouvement lent. Ce problème a déjà été étudié par Anderson et Weiss [1], mais ces auteurs se limitent au cas où la raie $f(\omega)$ en l'absence de mouvements est une gaussienne. Pour nous affranchir de cette restriction, nous introduisons un modèle physique très simple et très général qui nous permettra d'obtenir une solution rigoureuse du problème quelle que soit $f(\omega)$. Nous pourrons ainsi établir les limites de validité des théories antérieures. Chemin faisant, nous généraliserons des résultats déjà connus et obtiendrons quelques résultats nouveaux.

2. Notre modèle est le suivant :

a. A chaque instant t, chaque spin est soumis, en plus du champ constant $H_0 = \omega_0/\gamma$, à un champ local dû à l'interaction dipolaire dont la partie séculaire [2] est $\delta\omega(t)/\gamma$. $\delta\omega(t)$ est une variable aléatoire stationnaire dont la fonction d'autocorrélation est

$$\langle \delta\omega(t)\,\delta\omega(t')\rangle \begin{cases} = \langle \delta\omega^2 \rangle, & |t-t'| \leq \tau_c, \\ = \langle \delta\omega \rangle^2, & |t-t'| > \tau_c, \end{cases} \qquad \omega_0 \tau_c \gg 1.$$

b. Si $f(\alpha)\,d\alpha$ est la probabilité que $\alpha < \delta\omega < \alpha + \delta\alpha$, tous les moments

$$\langle \delta\omega^{2n} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\alpha)\,\alpha^{2n}\,d\alpha, \qquad \langle \delta\omega^{2n+1} \rangle = 0, \qquad \langle \delta\omega^0 \rangle = 1$$

sont finis. La distribution instantanée $f(\alpha)$ des champs locaux est supposée identique à celle régnant en l'absence de mouvements ($\tau_c \to \infty$). Les $\langle \delta\omega^{2n} \rangle$ peuvent donc être calculés par la méthode de Van Vleck en ne retenant dans l'interaction dipolaire que les termes séculaires.

c. Nous nous bornons aux distributions pour lesquelles

$$\langle \delta\omega^{2n} \rangle \leq 2n\,!\,\gamma^n \langle \delta\omega^2 \rangle^n,$$

γ étant un nombre fini.

3. Le spectre d'absorption $A(\omega)$ non saturé, pour $\omega_0^2 \gg \langle \delta\omega^2 \rangle$, est

$$A(\omega) \sim \int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{Trace} \langle I_x(t)\, I_x \rangle e^{-i\omega t}\,dt \equiv \int_{-\infty}^{+\infty} \langle R(t) \rangle e^{-i\omega t}\,dt,$$

$$I_x(t) = e^{-i\int_0^t [\omega_0 + \delta\omega(t')] I_z\,dt'}\, I_x\, e^{i\int_0^t [\omega_0 + \delta\omega(t')] I_z\,dt'},$$

I_x et I_z, composantes du spin. Considérons un spin qui, entre les instants $(k-1)\tau_c$ et $k\tau_c$, est soumis au champ $\delta\omega_k/\gamma$. Au temps $t = N\tau_c$:

$$R(t) = \sum_{m,n} e^{i(n-m)[\omega_0 t + \tau_c(\delta\omega_1+\delta\omega_2+\ldots+\delta\omega_N)]} |\langle m | I_x | n \rangle|^2,$$

(1)
$$\langle R(t) \rangle = \sum_{m,n} e^{i(n-m)\omega_0 t} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i(n-m)\omega\tau_c} f(\omega)\, d\omega \right)^N |\langle m | I_x | n \rangle|^2;$$

$|m\rangle$ et $|n\rangle$, états propres de I_z. Nous montrons que

(2)
$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i(n-m)\omega\tau_c} f(\omega)\, d\omega = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\langle \delta\omega^{2n} \rangle}{2n!} \tau_c^{2n} \equiv 1 + \Phi(\tau_c, f)$$

pourvu que la série au second membre de (2) converge absolument.

4. Soit z une variable complexe et soit $\Phi(z, f)$ la fonction définie en remplaçant dans la série (2) τ_c par z. Son rayon de convergence est

$$R = \left(\lim_{n\to\infty} \sqrt[2n]{\frac{\langle \delta\omega^{2n} \rangle}{2n!}} \right)^{-1} \geq \frac{1}{\sqrt{\langle \delta\omega^2 \rangle \gamma}},$$

en vertu de l'hypothèse c. Pour $|z| < R$, $\Phi(z, f)$ est une fonction holomorphe de z et l'on a en vertu de c :

$$|\Phi(z, f)| \leq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\langle \delta\omega^{2n} \rangle}{2n!} |z^{2n}| \leq \sum_{n=1}^{\infty} (\langle \delta\omega^2 \rangle \gamma |z^2|)^n = \frac{\langle \delta\omega^2 \rangle \gamma |z^2|}{1 - \langle \delta\omega^2 \rangle \gamma |z^2|}.$$

La fonction $\log(1 + \Phi)$ est donc holomorphe en z pour $2\langle \delta\omega^2 \rangle \gamma |z^2| < 1$, donc développable en série de Taylor autour de $z = 0$:

$$\log[1 + \Phi(z, f)] = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda_{2n}}{2n!} z^{2n}, \qquad 2\langle \delta\omega^2 \rangle \gamma |z^2| < 1,$$

$$\lambda_2 = \langle \delta\omega^2 \rangle, \qquad \lambda_4 = \langle \delta\omega^4 \rangle - 3\langle \delta\omega^2 \rangle^2, \qquad \ldots.$$

Les λ_{2n}, polynomes en $\partial\Phi/\partial z$, ..., $\partial^{2n}\Phi/\partial z^{2n}$, sont obtenus en dérivant la série (2) terme à terme, Φ étant holomorphe. Les λ_{2n}, en Calcul des probabilités, sont les semi-invariants de Thiele [3] de $f(\omega)$; leur étude rigoureuse, encore jamais entreprise, est amorcée ici. Donc pour $t \gg \tau_c$ [4] :

$$1 + \Phi(\tau_c, f) = e^{\sum (-1)^n \frac{\lambda_{2n}}{2n!} \tau_c^{2n}}, \qquad \langle R(t) \rangle = \sum_{n,m} e^{i(n-m)\omega_0 t} e^{-\frac{|t|}{T_2}} |\langle m | I_x | n \rangle|^2,$$

(3)
$$\frac{1}{T_2} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{\lambda_{2n}}{2n!} \tau_c^{2n-1}, \qquad 2\langle \delta\omega^2 \rangle \gamma \tau_c^2 < 1.$$

La raie est donc en forme de Lorentz sur une largeur $\delta\omega \ll \tau_c^{-1}$ autour de son centre avec un temps T_2 donné par (3). Ces résultats généralisent considérablement ceux d'Anderson et Weiss qui, postulant que $\delta\omega(t)$ est une variable gaussienne, avaient trouvé $T_2^{-1} \simeq \tau_c \langle \delta\omega^2 \rangle$ ce qui correspond

au premier terme du développement (3). Dans le cas particulier où $f(\omega)$ est gaussienne, nous trouvons que $\lambda_{2n} = 0$ pour $n > 1$.

5. Lorsque la distribution $f(\omega)$ est « assez voisine » d'une gaussienne ($\langle \delta\omega^{2n} \rangle < 2\, n!\, \langle \delta\omega^2 \rangle^n$) et lorsque $\tau_c^2 \langle \delta\omega^2 \rangle \ll 1$, on peut dans la série (3) se limiter au premier terme : $T_2^{-1} = \tau_c \langle \delta\omega^2 \rangle / 2$. Il y a alors rétrécissement de la raie par le mouvement. Mais lorsque $\langle \delta\omega^{2n} \rangle = 2\, n!\, \gamma^n \langle \delta\omega^2 \rangle^n$ avec $\gamma \gg 1$ et que $2 \langle \delta\omega^2 \rangle\, \gamma\tau_c^2 \simeq 1$, on ne peut plus se borner au premier terme dans (3). Comme de plus, en ce cas, $\langle \delta\omega^2 \rangle^{1/2}$ constitue une surestimation de la largeur de $f(\omega)$, il n'y a plus dans ces conditions qu'un rétrécissement très faible de la raie par le mouvement. L'exemple d'une telle situation est fourni par un ensemble de spins identiques qui sautent d'un site à l'autre dans un solide et où le rapport β du nombre de spins au nombre de sites possibles est faible. D'ailleurs, dans le cas extrême ([5]) où $f(\omega)$ est de Lorentz avec un temps T_2, on voit sur (1) que le mouvement n'influe pas sur la raie qui reste de Lorentz avec le même T_2 quel que soit τ_c.

Lorsque $\beta > 0{,}1$ et $\tau_c^2 \langle \delta\omega^2 \rangle \ll 1$, puisque $\langle \delta\omega^2 \rangle \sim \beta$, on a, si τ_c ne dépend pas de β, $T_2^{-1} \sim \beta$, relation vérifiée dans de nombreuses expériences. En ce cas, (3) prédit également que T_2 dépend de l'orientation de H_0 relativement aux axes cristallins lorsqu'on opère sur un monocristal.

6. Lorsque les mouvements sont rapides ($\omega_0\, \tau_c \ll 1$), il faudrait, rigoureusement, généraliser la théorie pour tenir compte des composantes non séculaires du champ local. Approximativement, il suffira de modifier $f(\omega)$: on recalculera les $\langle \delta\omega^{2n} \rangle$ par la méthode de Van Vleck en conservant cette fois les composantes non séculaires. La raie est toujours en forme de Lorentz et T_2 donné par (3) où les λ, maintenant, sont calculés à l'aide de ces nouvelles valeurs des $\langle \delta\omega^{2n} \rangle$.

(1) P. W. Anderson et P. R. Weiss, *Rev. Mod. Phys.*, 25, 1953, p. 269.
(2) En fait, nous postulons que le champ local se réduit à sa partie séculaire.
(3) T. N. Thiele, *A general Theory of observations*, Copenhagen, 1889.
(4) Pour $t \gg \tau_c$, $\langle R(t) \rangle$ dépend peu de la forme adoptée pour $\langle \delta\omega(t)\, \delta\omega(t') \rangle$.
(5) Physiquement irréalisable.

(*Laboratoire d'Électronique*, B. P. n° 9, *Fontenay-aux-Roses, Seine.*)

NEUTRONIQUE. — *L'équation de Fokker-Planck et la fonction d'autocorrélation des réacteurs nucléaires.* Note (*) de MM. **Augustin Blaquière**, **Jean Cazemajou**, **Georges Lapicque**, Mme **Roza Pachowska**, MM. **Thomas Stern** et **Jean Valat**, présentée par M. Francis Perrin.

L'équation de Fokker-Planck, utilisée par différents auteurs pour calculer le carré moyen des fluctuations statistiques du nombre de neutrons dans une pile, permet aussi d'obtenir rapidement leur fonction d'autocorrélation. La méthode généralisée est appliquée, à titre d'exemple, à un modèle simple ne faisant pas intervenir les neutrons retardés.

Le nombre total de neutrons dans un réacteur, $N(t)$, dépend de divers processus aléatoires : émission de la source, fissions, etc. et, par suite, fluctue autour d'une valeur moyenne de régime $\bar{N}$ (supposée stationnaire). Comme l'ont montré différents auteurs [1], [2], le carré moyen de ces fluctuations peut être obtenu simplement au moyen de l'équation de Fokker-Planck. Nous étendrons ici la méthode en montrant qu'elle fournit aussi directement la fonction de corrélation du bruit $N(t)$.

Pour simplifier l'exposé, nous négligerons les neutrons retardés. Nous supposerons que lorsqu'un neutron subit un choc il disparaît et donne naissance à k neutrons prompts (compte tenu des pertes), et nous désignerons par l la durée de vie moyenne des neutrons dans le réacteur. Ce modèle fournira un exemple d'application de la méthode sans en restreindre la généralité.

$P(N_1, t_1; N_2, t_2)$ désignera la probabilité d'observer le couple de valeurs : N_1 au temps t_1 et N_2 au temps $t_2 = t_1 + \tau$. Nous lui associerons la fonction génératrice

$$g(x, y, t_1, t_2) = \sum_{N_1} \sum_{N_2} x^{N_1} y^{N_2} P(N_1, t_1; N_2 t_2).$$

Introduisons alors la probabilité conditionnelle $P_{N_1 t_1}(N_2, t_2)$:

Probabilité d'obtenir la valeur N_2 au temps t_2 lorsque la valeur N_1 au temps t_1 est connue, et soit

$$g_{N_1, t_1}(y, t_2) = \sum_{N_2} y^{N_2} P_{N_1, t_1}(N_2, t_2)$$

la fonction génératrice qui lui est associée.

Ces nouvelles fonctions sont liées aux précédentes par

$$P(N_1, t_1; N_2, t_2) = P(N_1, t_1)\, P_{N_1, t_1}(N_2, t_2),$$

où $P(N_1, t_1)$ désigne la probabilité inconditionnelle d'obtenir N_1 au temps t_1 ; et

$$g(x, y, t_1, t_2) = \sum_{N_1} x^{N} P(N_1, t_1)\, g_{N_1, t_1}(y, t_2),$$

t_1 et N_1 étant provisoirement fixés, faisons subir à t_2 la variation $dt_2 = d\tau$, et supposons que $d\tau$ est assez faible pour que, sur cet intervalle, la probabilité d'observer plus d'un processus élémentaire (absorption, fission, etc.) soit négligeable. Un calcul analogue aux calculs classiques ([1]), ([2]) conduit, pour la fonction génératrice partielle g_{N_1, t_1}, à l'équation

$$\frac{\partial g_{N_1, t_1}}{\partial \tau} = \bar{S}(y - 1)\, g_{N_1, t_1} - \frac{y - y^k}{l}\, \frac{\partial g_{N_1, t_1}}{dy} \qquad (\bar{S}, \text{ terme de source moyen}).$$

Il suffit alors de multiplier les deux membres par $x^{N_1} P(N_1, t_1)$ et de sommer sur N_1 pour obtenir finalement :

$$(1) \qquad \frac{\partial g}{\partial \tau} = \bar{S}(y - 1)\, g - \frac{y - y^k}{l}\, \frac{\partial g}{\partial y}.$$

La fonction d'autocorrélation

$$\psi(\tau) = \overline{N_1 N_2} = \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x\, \partial y}\right)_{x = y = 1}$$

s'en déduit par deux dérivations successives, l'une par rapport à x, l'autre par rapport à y. On obtient ici :

$$\left(\frac{\partial^3 g}{\partial \tau\, \partial x\, \partial y}\right)_1 = \bar{S}\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)_1 - \frac{1 - k}{l}\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x\, \partial y}\right)_1$$

soit, avec $(\partial g/\partial x)_1 = \overline{N}_1 = \overline{N}$,

$$\frac{d\psi}{d\tau} + \frac{1 - k}{l}\psi = \bar{S}.\bar{N}.$$

La solution est de la forme

$$\psi(\tau) = \frac{\bar{S} l}{1 - k}\bar{N} + A\, e^{-\frac{1-k}{l}\tau} = (\bar{N})^2 + A\, e^{-\frac{1-k}{l}\tau}$$

en tenant compte de la relation antérieurement établie ([3]) :

$$\frac{\bar{S}\, l}{1 - k} = N$$

qui exprime la compensation moyenne entre les créations et les absorptions neutroniques.

Pour $\tau = 0$, ψ se réduit à $\overline{N}^2$, la constante d'intégration A a donc pour valeur

$$A = \bar{D}^2 = \bar{N}^2 - (\bar{N})^2.$$

C'est le carré moyen de la fluctuation neutronique, que nous avons précédemment obtenue ([3]) et dont l'expression est ici :

$$\bar{D}^2 = \bar{N} + \frac{k^2 - k}{2 l \bar{S}}(\bar{N})^2.$$

Finalement, il est utile de comparer l'équation (1) à l'équation de Fokker-Planck classique, qui s'écrit ici, comme on le vérifie aisément :

$$(2)\qquad \frac{\partial F}{\partial t} = \bar{S}(y-1)F - \frac{y-y^k}{l}\frac{\partial F}{\partial y}, \qquad \text{avec}\quad F(y,t) = \sum_N y^N P(N,t).$$

L'obtention de l'équation (1) est donc très simple, puisqu'il suffit de remplacer la variable temps t par la variable τ.

(*) Séance du 23 octobre 1961.

(1) E. D. Courant et P. R. Wallace, *Phys. Rev.*, 72, nº 11, 1947.

(2) V. Raievski, *Fluctuations statistiques du nombre de neutrons dans une pile*, Rapport C. E. A. nº 917, 1958 et Rapport C. E. A. nº 1673, 1960.

(3) A. Blaquière et R. Pachowska, *Le bruit neutronique des réacteurs nucléaires*, *Bulletin d'Informations Scientifiques et Techniques du C. E. A.*, nº 52, juin 1961.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension superficielle du platine liquide à 1800°C.* Note (*) de MM. **Paul Kozakevitch** et **Georges Urbain**, présentée par M. Paul Pascal.

La tension superficielle du platine mesurée à 1800°C par la méthode des gouttes posées sur un support a été trouvée égale à 1699 ± 20 dynes/cm (densité : $18,82 \pm 0,02$). La tension superficielle des métaux du Groupe VIII du Système périodique (Fe, Co, Ni et Pt) semble varier en sens inverse du volume atomique.

Il est généralement admis que la tension superficielle (γ) du platine est très élevée [1], mais aucune mesure directe n'en a encore été publiée.

On a utilisé la méthode des gouttes posées sur un support en alumine, le gaz étant de l'argon purifié. L'ombre de la goutte est projetée sur une surface sensible à l'aide d'un faisceau horizontal de rayons X traversant un four vertical porté à 1800°C où se trouvent la goutte et son support. On trouvera ailleurs la discussion des conditions à satisfaire lors de mesures de γ à de très hautes températures [2] et la description de la technique expérimentale [3]. Brièvement, les traits caractéristiques de celle-ci sont les suivants :

1° La pureté de l'argon et celle des réfractaires sont rigoureusement contrôlées de manière à garantir, dans la mesure du possible, l'absence de toute contamination du platine par des traces d'oxygène et de soufre dont l'activité superficielle a été prouvée dans le fer, le cobalt, le nickel et le cuivre [3], [4].

2° Quatre images sont faites sur chaque goutte, celle-ci étant tournée de 90° autour de son axe de symétrie entre les prises de vue successives. Les gouttes dont la forme s'écarte notablement de celle d'une surface de révolution (cas très rare), peuvent ainsi être repérées et éliminées.

3° La méthode de Dorsey que nous utilisons a l'avantage d'éviter la mesure de la distance entre le plan équatorial et le pôle de la goutte : on mesure la distance entre celui-ci et le sommet d'un angle dont les côtés sont rendus tangents au contour de la méridienne. En effet, le plan équatorial n'étant pas un plan de symétrie, il vaut mieux éviter d'en déterminer la position exacte quand seul le contour de la méridienne est disponible, donc pour toutes les mesures sur des images des gouttes lumineuses.

4° La modification apportée, dans ce laboratoire, à la méthode originale de Dorsey permet, quand l'angle de raccordement est grand, d'effectuer, sur chaque image, quatre mesures indépendantes en utilisant deux angles différents et en plaçant le sommet au-dessus et *au-dessous* de la goutte [3]. Quatre images successives étant prises, on dispose, pour chaque goutte,

de seize mesures indépendantes. Nous croyons que la possibilité de placer le sommet au-dessous de la goutte est essentielle pour l'obtention de résultats sûrs, sur des images photographiques.

5° L'emploi de supports à grain fin, indispensable pour obtenir des angles de raccordement suffisamment grands (140 à 160°), devient un trait essentiel de cette technique ([3]). Cependant, la goutte ne reste pas toujours tout à fait immobile sur son support à grain fin, puisque le gaz se trouve, petit à petit, expulsé des petits creux du support par le métal liquide. La goutte peut alors devenir, lors d'une prise de vue, légèrement dissymétrique, ce qui augmente la dispersion et oblige de faire de nombreuses mesures ([3]).

6° L'emploi des rayons X permet l'utilisation d'un four vertical, d'où la possibilité de faire tourner la goutte. On peut aussi travailler en surpression et éviter toute infiltration des gaz de l'extérieur, ce qui est très important à haute température ([2]), ([3]). En contrepartie, la granulation du film rapide pour rayons X rend le contour de l'image beaucoup moins net que celui d'une image sur un film photographique à grain extra fin obtenu avec une optique classique.

Les mesures sont faites sur le platine de la qualité utilisée pour les couples thermoélectriques ([5]). La nécessité d'obtenir des forces thermoélectriques stables et correspondant exactement aux tables, a été considérée comme une garantie suffisante de la haute pureté du métal. Trois gouttes nouvellement préparées ont été mesurées, ce qui porte à 48 le nombre de mesures originales. Les tables ([3]) font directement connaître les valeurs de la constante capillaire a^2 dont la grandeur n'est pas entachée d'erreurs sur la densité. A 1800°C, on a obtenu : 9,3, 9,2 et 9,1 mm², chacune de ces valeurs étant une moyenne de 16 mesures. La moyenne générale est ainsi égale à $9{,}2 \pm 0{,}1$ mm². Cette constante, $a^2 = \gamma/gd$ (γ, tension superficielle; g, accélération due à la pesanteur; d, densité) est là *moitié* de la constante habituellement utilisée. La densité du platine liquide a été récemment mesurée dans ce Laboratoire par L.-D. Lucas, soit $18{,}82 \pm 0{,}02$ à 1800°C. Nous proposons ainsi pour le platine $\gamma = 1699 \pm 20$ dynes/cm en précisant que cette valeur expérimentale est une approximation par défaut à cause d'une contamination possible, que nous croyons cependant peu probable, par des traces d'impuretés tensioactives inconnues.

Pour les métaux du Groupe VIII du Système périodique déjà étudiés, on a :

	γ (dynes/cm).	d.	Volume atomique.
Platine à 1 800°C	1699	18,82	10,37
Fer à 1550°C.....................	1788	7,01	7,97
Cobalt à 1550°C..................	1886	7,60	7,75
Nickel à 1550°C..................	1934	7,64	7,68

On voit que la tension superficielle varie en sens inverse du volume atomique. Cependant, toute généralisation sur des métaux non encore étudiés nous semble être hasardeuse.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) *Thermochemistry for Steelmaking*, I, J. Elliott, Addison-Wesley Publishing Co, 1960.

(2) P. Kozakevitch, *Surface Tension*, chapitre 9 dans *Physico-Chemical Measurements at High Temperatures*, édité par J. O'M. Bockris, J. L. White et J. D. Mackenzie, et publié par Butterworth's Sci. Publ., London, 1959.

(3) P. Kozakevitch et G. Urbain, *Mém. Sc. de la Revue de Métallurgie*, 58, 1961, p. 401.

(4) P. Kozakevitch et G. Urbain, *Mém. Sc. de la Revue de Métallurgie*, 58, 1961, p. 517.

(5) Teneur maximale en impureté : 0,001 %.

(*Département Chimie-Physique, Institut de Recherches de la Sidérurgie, 185, rue du Président-Roosevelt, Saint-Germain-en-Laye, Seine-et-Oise.*)

STÉRÉOCHIMIE. — *Sur la distinction, par la spectroscopie infrarouge, entre les isomères cis et trans des complexes oxaliques.* Note (*) de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Lorsqu'un groupe oxalique —OOC—COO— est lié par deux coordinences à un atome de métal, pour former un ion complexe dans lequel il conserve au moins un axe binaire, on sait [1], [2] que la vibration de tension $\nu(C=O)$, située vers 1700 cm^{-1}, se dédouble, l'une des composantes (A) étant symétrique par rapport à l'axe, l'autre (B) antisymétrique. Lorsque le complexe contient deux groupes oxaliques, au couplage précédent entre les radicaux carbonyles d'un même ion peut s'en ajouter un autre, lorsqu'on prend en considération les éléments de symétrie de l'ensemble de l'ion complexe.

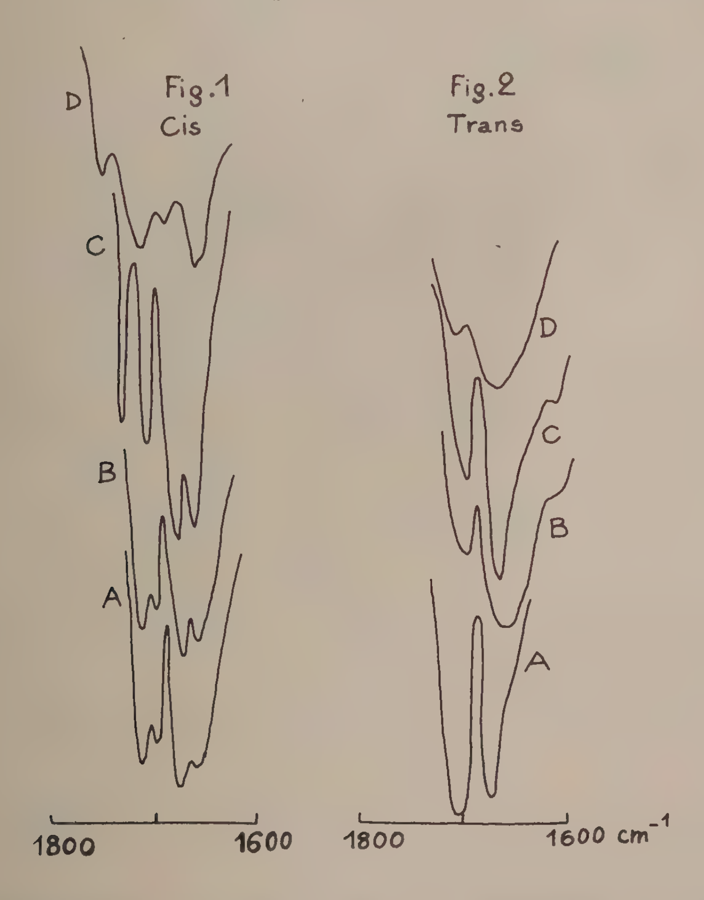
Si l'ion complexe possède un centre de symétrie, comme c'est le cas pour les complexes tétracoordonnés à configuration plane et les complexes hexacoordonnés à configuration octaédrique trans, chacune des vibrations A ou B des deux groupes C_2O_4 peut se coupler symétriquement (g) ou antisymétriquement (u) par rapport au centre. Les vibrations A_g et B_g sont actives en diffusion, les vibrations A_u et B_u le sont en absorption.

Si l'ion complexe possède un axe de symétrie, il faut distinguer plusieurs cas. Les complexes tétracoordonnés à configuration tétraédrique, comme l'est vraisemblablement $K_2[Be(C_2O_4)_2]$, ont un axe inverse d'ordre 4; les vibrations symétriques, antisymétriques et doublement dégénérées par rapport à cet axe devraient apparaître en diffusion, bien que Gaufrès [3] ne les ait pas toutes trouvées; les deux dernières seules sont actives en absorption. Les complexes à configuration octaédrique dans lesquels les deux groupes C_2O_4 sont en position cis possèdent un axe binaire; dans ce cas, il peut y avoir couplage symétrique (a) ou antisymétrique (b) des vibrations A et B par rapport à cet axe; les quatre types de vibration Aa, Ab, Ba et Bb sont permis en absorption et en diffusion.

L'expérience confirme les prévisions précédentes. La coloration des composés rendant difficile l'étude de leur spectre de diffusion, je me suis borné à l'étude de leur spectre d'absorption infrarouge, faite à l'aide d'un spectromètre de « Perkin-Elmer n° 221 ». Les figures 1 et 2 montrent, dans la région intéressante, la transparence d'échantillons solides en poudre, dispersés dans la vaseline. Elles se rapportent à des composés dont la structure est établie de manière incontestable. Parmi les composés cis : $K_3[Rh(C_2O_4)_2Cl_2]$ (courbe A) et $K_3[Ir(C_2O_4)_2Cl_2]$ (courbe B) dédoublés en inverses optiques [4], [5]; $K[Cr(C_2O_4)_2\,en]$ (courbe C) car l'éthylènediamine *en* occupe deux places de coordination contigües [6]; $K[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2]$ (courbe D) dont la configuration cis est prouvée par la condensation en chrome-diol-tétraoxalate [6]. Parmi les composés trans : $K_2[Pt(C_2O_4)_2]$

(courbe A) à configuration plane (7); $K_3[Rh(C_2O_4)_2Cl_2]$ (courbe B) et $K_3[Ir(C_2O_4)_2Cl_2]$ (courbe C), séparables de leurs isomères cis (3), (4); $Na[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)_2]$ (courbe D) que sa couleur et ses propriétés chimiques distinguent de l'isomère cis (6).

On voit que les composés trans ne possèdent que deux bandes d'absorption (A_u et B_u); les composés cis en ont quatre (A*a*, A*b*, B*a* et B*b*) (8). Comme il est naturel, la séparation des fréquences dues au couplage entre les deux groupes C_2O_4 paraît moindre que celle due au couplage intérieur à chacun d'eux et qu'on observe seule dans les spectres de complexes ne contenant qu'un groupe oxalique.



On peut alors mettre à profit les observations précédentes pour distinguer les structures cis et trans, lorsque d'autres méthodes ne l'ont pas permis. De cette manière, j'ai pu confirmer la structure trans du sel jaune $K[Ir(C_2O_4)_2(C_5H_5N)_2]$ (4) et du sel de rhodium correspondant. J'ai trouvé que les sels $NH_4[Cr(C_2O_4)_2(NH_3)_2]$ (6) et $NH_4[Co(C_2O_4)_2(NH_3)_2]$ (9) ont la configuration trans, ce qui explique que Riesenfeld et Klement n'aient pu séparer les isomères optiques de ce dernier. Par contre, les spectres

indiquent une disposition relative en cis des groupes oxaliques dans le sel de Durrant ([10]), ainsi qu'une configuration cis pour le composé $K_3[Ir(C_2O_4)_2(NO_2)_2]$, que ce soit l'isomère cis ou trans du sel $K_3[Ir(C_2O_4)_2Cl_2]$ dont on parte pour le préparer, et bien qu'il ait résisté aux tentatives de dédoublement optique à l'aide de la strychnine ([11]).

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) M. J. Schmelz et coll., *Spectrochimica Acta*, 9, 1957, p. 51.

(2) R. Gaufres et J. P. Mathieu, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 81.

(3) R. Gaufres, *J. Chim. Phys.*, 56, 1959, p. 325.

(4) M. Delépine, *Ann. Chim.*, 19, 1923, p. 145.

(5) M. Delépine, *Ann. Soc. Esp. Fis. Quim.*, 27, 1929, p. 485.

(6) A. Werner, *Ann. Chem.*, 406, 1914, p. 261.

(7) M. Vezes, *Bull. Soc. Chim.*, 21, 1899, p. 172.

(8) Les sels hydratés montrent, entre 1 600 et 1 630 cm^{-1}, une bande plus ou moins forte, qui disparaît par déshydratation.

(9) E. Riesenfeld et R. Klement, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 124, 1922, p. 11.

(10) E. G. Percival et W. Wardlaw, *J. Chem. Soc. London*, 1929, p. 2629.

(11) M. Delépine, Communication personnelle (Inédit).

(*Laboratoire des Recherches physiques, Sorbonne, Paris.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Un nouveau composé ferromagnétique, le germaniure de fer*, Fe_2Ge. Note (*) de MM. **Pierre Lecoq** et **André Michel**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le composé Fe_2Ge est ferromagnétique et présente de très forts écarts stœchiométriques.

L'examen du diagramme fer-germanium montre l'existence d'une solution solide de germanium dans le fer (phase α), d'un composé défini de formule idéale Fe_2Ge, de structure hexagonale (phase β) et d'un composé défini, de formule idéale $Fe\,Ge_2$, de structure quadratique (phase δ) ([1]), ([2]), ([3]). Mais les limites de ces diverses phases n'ont pas été définies et les propriétés magnétiques n'ont fait l'objet d'aucune étude.

Nous avons préparé par diffusion dans l'état solide toute une série d'alliages Fe Ge de teneur de 25 à 60 % at. de Ge. Le mélange de fer pulvérulent (99,99 %) et de germanium (99,9 %) est homogénéisé au mortier et scellé sous vide en ampoule de silice. Après une diffusion de 7 jours à 880°, les échantillons sont trempés à l'eau; ils ont l'aspect métallique, ils sont attirables à l'aimant.

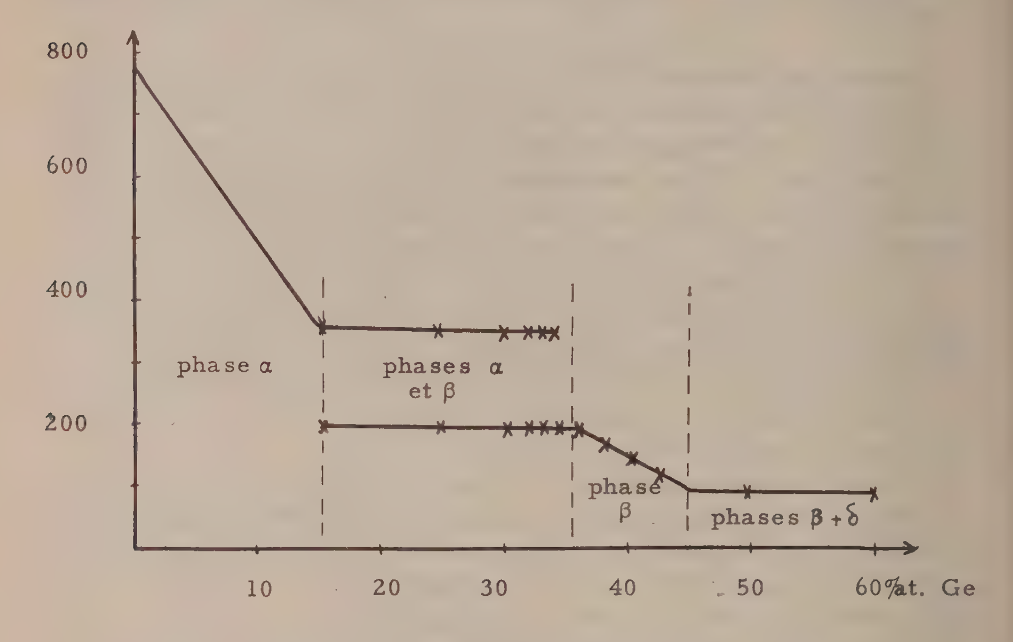
L'analyse thermomagnétique ([4]) nous a permis de montrer l'abaissement du point de Curie du fer α par substitution du fer par le germanium et de mettre en évidence que le composé Fe_2Ge était ferromagnétique, ce qui n'avait jamais été dit, et que son point de Curie subissait d'importantes variations suivant la teneur en germanium.

En effet quand la teneur en germanium croît, le point de Curie du fer α (θ_1) s'abaisse de 765° jusque vers 370°. A 25 % de Ge la courbe thermomagnétique indique l'existence de deux points de Curie, l'un à 205° (θ_2), l'autre à 365° (θ_1). Quand la teneur en germanium augmente, l'importance de l'anomalie à 205° s'accroît, tandis que celle de 365° diminue et disparaît (à 36 %). De 36 à 45 % Ge, il n'esiste qu'un seul point de Curie qui s'abaisse de 205 à 100°. Au-delà de 45 %, le point θ_2 reste fixe à 100°, mais l'aimantation diminue progressivement. La figure résume ces résultats.

L'interprétation des faits est immédiate. Lorsque la phase α est saturée en Ge (15 % — $\theta_1 = 365°$) apparaît le composé Fe_2Ge qui voit sa composition varier, lorsqu'il n'est plus en présence de la phase α, ce qui entraîne un abaissement de θ_2 de 205 à 100°. Le composé Fe_2Ge présente donc un écart de composition stœchiométrique important puisque sa teneur en germanium peut varier de 36 à 45 %.

Les diagrammes X confirment cette interprétation : les raies du fer légèrement déformées disparaissent en même temps que θ_1. De 36 à 45 %, seule la phase β est présente. Au-delà de 45 % apparaissent progressivement les raies de la phase δ ($Fe\,Ge_2$).

L'examen de la structure hexagonale de Fe_2Ge (type B 8/2) montre l'existence de deux types d'atome de fer : les Fe_I, assez éloignés des atomes de germanium, situés dans les plans de cote o, $c/2$, et c, les Fe_{II} proches des atomes de germanium situés dans les plans $c/4$ et $3c/4$. L'excès de germanium par rapport à la formule Fe_2Ge peut s'interpréter par des lacunes de Fe_{II} : si tous les sites Fe_{II} sont occupés, la teneur en germanium



est de 33,3 %; s'ils sont tous inoccupés, la teneur en Ge s'élève à 50 %. Les teneurs de 36 et 45 %, qui sont les limites du domaine β à la température de 800°, se trouvent à l'intérieur de ces limites déduites de l'examen de la structure.

L'évolution du moment magnétique à saturation de la phase Fe_2Ge en fonction de la teneur en germanium permettra de juger du type des liaisons dans ce composé et de confirmer le mécanisme proposé pour interpréter les écarts de composition stœchiométriques.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) Ruttewit et Masing, *Z. Metallkunde*, 32, 1940, p. 52.

(2) Laves et Wallbaum, *Z. angew. Mineral.*, 4, 1941-1942, p. 17.

(3) Castelliz, *Monatsh. Chem.*, 84, 1953, p. 765.

(4) Lecocq et Michel, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1452.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les dimagnésiens vinyliques.*
Note (*) de MM. **Henri Normant** et **Michel Noël**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a préparé divers bromures $Br.\underset{\underset{CH_2}{\parallel}}{C}.(CH_2)_n.\underset{\underset{CH_2}{\parallel}}{C}.Br$. En milieu tétrahydrofuranne ils ont donné des dimagnésiens. Ceux-ci sont susceptibles des applications habituelles; ainsi leur carbonatation a fourni les diacides $CH_2=\underset{\underset{COOH}{|}}{C}.(CH_2)_n.\underset{\underset{COOH}{|}}{C}=CH_2$.

Les composés bifonctionnels ω — ω′ permettent l'obtention de macromolécules par des réactions intermoléculaires ou de macrocycles par condensation intramoléculaire. Nous avons tenté d'introduire des groupes vinyles dans de tels composés pour en accroître l'intérêt et dans le but de généraliser la réaction découverte par l'un de nous [1].

Les *dibromo-oléfines* (I) ont été préparées en condensant, selon Lespieau [2], le dibromo-2.3 propène-1 sur les dimagnésiens saturés :

$$(CH_2)_n\left\langle\begin{matrix}MgBr\\MgBr\end{matrix}\right. + 2\,BrCH_2.CBr{=}CH_2 \rightarrow Br.\underset{}{\overset{\overset{CH_2}{\parallel}}{C}}{-}(CH_2)_{n+2}.\overset{\overset{CH_2}{\parallel}}{C}.Br \qquad (I)$$

Nous avons utilisé les ω — ω′ dibromoalcanes $Br\,(CH_2)_nBr$ avec $n = 4$, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Les dibromures $n = 4$ et 5 sont des produits commerciaux. Les autres ont été obtenus par action de HBr sur les ω — ω′-glycols correspondants. Certains de ceux-ci ($n = 7, 8, 9$) ont été préparés par réduction des diesters méthyliques des diacides au moyen de KBH_4, en présence de LiCl, en milieu tétrahydrofuranne (THF).

Les dibromures $Br\,(CH_2)_n\,Br$ donnent, avec des rendements variables en milieu éthéré, les dérivés bis-métalliques $M\,(CH_2)_n\,M$ (M = Li, MgBr) quand $n \geq 4$ [3], [4].

Le dimagnésien saturé a été ajouté lentement à une solution, portée à reflux, du 2.3-dibromopropène dans le THF.

Les composés (I) ainsi obtenus sont les suivants :

$$Br.\underset{\underset{CH_2}{\parallel}}{C}.(CH_2)_{n'}.\underset{\underset{CH_2}{\parallel}}{C}.Br \quad \text{ou} \quad C_{n'+4}H_{2n'+4}Br_2. \qquad (I)$$

$n'=n+2$.	$\acute{E}_p$.	d_4^t.	n_D^t.	Rdt %.	Br % tr.	Br % calc.
6........	87/0,1	1,3842/20	1,5072/20	16	53,80	54,00
7........	102/0,1	1,3636/20	1,5057/20	46	51,31	51,54
8........	115/0,2	1,3391/20	1,5045/20	36	49,10	49,32
9........	116/0,08	1,2979/20	1,5026/20	52	46,99	47,26
10........	126/0,08	1,2780/20	1,5006/20	51	45,35	45,38
11........	143/0,08	1,2408/20	1,4988/20	62,5	43,50	43,64
12........	151/0,08	1,2272/20	1,4956/20	45	42,14	42,04

Enfin, des dibromures vinyliques à liaisons triples ont été obtenus par la réaction de Lespieau :

$$CH_2{-}CBr.CH_2.C{\equiv}C.CH_2.CBr{=}CH_2$$
(II)

$$CH_2{=}CBr.CH_2.C{\equiv}C.C{\equiv}C.CH_2.CBr{=}CH_2$$
(III)

(II) par le dimagnésien de l'acétylène.

(III) par le monomagnésien et oxydation duplicative de

$$CH{\equiv}C.CH_2.CBr{=}CH_2.$$

Les magnésiens ont été carbonatés vers —60° par addition lente à une suspension éthérée de CO_2 solide.

Les bromures (II) et (III) ont été sans action sur le magnésium, tant dans l'éther que dans le THF, fait dû, sans doute, à l'existence des groupes méthylènes actifs.

Les dibromures (I) n'attaquent le magnésium qu'en milieu THF. Les dimagnésiens formés ont conduit aux diacides de structure bis-méthacrylique (IV)

$$\underset{\displaystyle COOH}{CH_2{=}\overset{}{C}}{-}(CH_2)_{n'}{-}\underset{\displaystyle COOH}{C{=}CH_2} \quad \text{ou} \quad C_{n'+4}H_{2n'+6}O_4.$$
(IV)

$n'=n+2$.	F (°C).	Rdt %.	C % calc.	C % tr.	H % calc.	H % tr.
6	122,5	64	63,69	63,85	8,02	8,24
7	83	61,7	64,97	64,63	8,38	8,27
8	110	56	66,12	66,18	8,72	9,00
9	81	61	67,14	67,18	9,01	9,19
10	108	50	68,05	67,89	9,28	9,31
11	86	56,8	68,90	69,24	9,52	9,69
12	78	65	69,65	69,22	9,74	9,89

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) H. Normant, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1510; *Bull. Soc. Chim.*, 1957, p. 728.

(2) Lespieau et Bourguel, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1584.

(3) *Quat. Rev.*, 11, (2), 1957, p. 109-120.

(4) J. Colonge et R. David, *Bull. Soc. Chim.*, 1958, p. 279.

(*Laboratoire de Synthèse organique, Sorbonne.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les aminoacides et leurs dérivés. Carbonatation du diméthylamino-1 hexyne-5 et réaction du chloro-7 heptyne-2 oïque avec les amines.* Note (*) de MM. **Martin Olomucki** et **Israël Marszak**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La carbonatation du diméthylamino-1 hexyne-5 n'a pas conduit à l'acide diméthylamino-7 heptyne-2 oïque, mais à un composé qui, d'après ses propriétés, serait la (diméthyl-1.1 pipéridylidène-2) acétobétaïne. Des résultats analogues ont été obtenus par action de la diméthylamine sur l'acide chloro-7 heptyne-2 oïque. L'action de la triméthylamine sur le même chloroacide a fourni la triméthylheptynobétaïne.

Pour la synthèse des aminoacides acétyléniques de formule générale $(CH_3)_2N.(CH_2)_n.C\equiv C.COOH$ (n = 1, 2, 5 et 9), nous avions indiqué la possibilité d'utiliser, entre autres, l'une des voies suivantes :

$$(a) \quad (CH_3)_2N.(CH_2)_n.C\equiv CH \xrightarrow[(2)\ CO_2]{(1)\ NH_2Na} (CH_3)_2N.(CH_2)_n.C\equiv C.COOH \quad [(1), (2), (3)],$$

$$(b) \quad Cl(CH_2)_n.C\equiv C.COOH \xrightarrow{(CH_3)_2NH} (CH_3)_2N.(CH_2)_n.C\equiv C.COOH \quad [(3), (4), (5)].$$

En cherchant ensuite à appliquer ces méthodes au terme dans lequel $n=4$, nous avons constaté que les propriétés du produit obtenu sont en désaccord avec celles que devrait avoir l'acide diméthylamino-7 heptyne-2 oïque.

Ainsi, la carbonatation du diméthylamino-1 hexyne-5 nous a fourni avec un rendement élevé un produit A, qui se décompose sans fondre vers 245° et dont la formule brute correspond au monohydrate de l'acide diméthylaminoheptynoïque, $C_9H_{15}O_2N.H_2O$. Cependant, ce produit est neutre en solution alcoolique vis-à-vis de la phénolphtaléine.

Avec l'acide chlorhydrique, il donne un dérivé B, $F_{(\text{éthanol})}$ 207-210° (décomp.), de formule $C_9H_{15}O_2N.HCl$, qui est monoacide vis-à-vis de la phénolphtaléine, aussi bien en solution aqueuse qu'alcoolique. Avec l'acide sulfurique, il fournit un dérivé C, $F_{(\text{éthanol})}$ 169°, de composition $C_9H_{15}O_2N.H_2SO_4$, diacide dans les mêmes conditions.

Le spectre infrarouge du dérivé B permet de constater l'absence de bande correspondant à la fonction acétylénique. On trouve, par contre, une raie à 1685 cm^{-1}, qu'on pourrait éventuellement attribuer à une double liaison; toutefois cette région du spectre est perturbée par l'absorption due au groupement carboxylique.

Au cours de l'hydrogénation catalytique du composé A, en présence de platine Adams, nous avons constaté l'absorption de deux molécules d'hydrogène et l'apparition simultanée d'un équivalent d'acidité, dosable en solution alcoolique vis-à-vis de la phénolphtaléine. Le produit résultant a été identifié comme étant l'acide diméthylamino-7 heptanoïque, $(CH_3)_2N.(CH_2)_6.COOH$, déjà préparé par nous précédemment (5).

L'ensemble de ces résultats nous a incités à supposer que les composés A, B et C pourraient être, respectivement, l'hydrate, le chlor-

hydrate et le sulfate d'un isomère hétérocyclique de l'acide diméthylamino-7 heptyne-2 oïque, à savoir de la (diméthyl-1.1 pipéridylidène-2) acétobétaïne

=CH.COO⁻
$^{+}$N
CH_3 CH_3

Cette formule rend compte des observations d'ordre analytique et spectrographique que nous venons d'exposer. Elle explique également les résultats de l'hydrogénation catalytique, au cours de laquelle il y aurait, en plus de la saturation de la double liaison, une coupure entre l'azote et le carbone 2 de l'hétérocycle. De telles hydrogénolyses sont connues ([6]).

Un cas où une amine δ-acétylénique engendre un composé hétérocyclique a déjà été traité dans la littérature. En effet, Campbell, Fatora et Campbell ([7]) ont observé que le pK du diméthylamino-1 hexyne-5, $(CH_3)_2N.(CH_2)_4.C{\equiv}CH$, en solution aqueuse croît avec le temps et ils ont attribué ce fait à une transformation progressive de cette base faible en diméthyl-1.1 méthylène-2 pipéridinium, base forte.

Remarquons toutefois que dans notre cas le produit A, considéré comme un dérivé pipéridinium, semble se former directement; en effet, jusqu'à présent nous n'avons jamais pu isoler l'aminoacide aliphatique.

Nous avons obtenu des résultats analogues en faisant appel à la deuxième méthode de synthèse des aminoacides acétyléniques. Nous sommes partis de l'acide chloro-7 heptyne-2 oïque, $Cl(CH_2)_4.C{\equiv}C.COOH$, $É_{0,5}$ 130°, n_D^{20} 1,4920, produit préparé précédemment dans notre laboratoire en collaboration avec J.-P. Guermont par carbonatation du chloro-1 hexyne-5. L'action d'un excès de diméthylamine aqueuse sur ce chloroacide a fourni un composé de formule brute $C_{11}H_{23}O_2N_2Cl$, $F_{(éthanol)}$ 172° (décomp.), qui est le sel de diméthylamine du produit B, lequel s'obtient d'ailleurs facilement à partir de ce corps par simple chauffage à 100° sous vide. D'autre part le même sel, traité par l'oxyde d'argent, a fourni le produit A, à partir duquel nous avons obtenu les dérivés B et C.

$(CH_3)_2N.(CH_2)_4.C{\equiv}CH$ → =CH.COO⁻, H_2O ; $^{+}$N ; CH_3 CH_3 (A) → =CH.COOH ; $^{+}$N SO_4H^- ; CH_3 CH_3 (C)

$Cl(CH_2)_4.C{\equiv}C.COOH$ → =CH.COOH, $HN(CH_3)_2$; $^{+}$N Cl^- ; CH_3 CH_3 → =CH.COOH ; $^{+}$N Cl^- ; CH_3 CH_3 (B)

En admettant pour les composés obtenus la structure hétérocyclique indiquée plus haut, l'ensemble des réactions que nous venons de décrire peut être représenté par le schéma ci-avant.

Il nous a alors semblé intéressant d'étudier la réaction de l'acide chloro-7 heptyne-2 oïque avec la triméthylamine. En laissant en contact ces deux composés en solution aqueuse, puis en traitant le mélange réactionnel par l'oxyde d'argent, nous avons obtenu avec un bon rendement la méthylbétaïne de l'acide diméthylamino-7 heptyne-2 oïque, $(CH_3)_3\overset{+}{N}.(CH_2)_4.C{\equiv}C.COO^-$.

Cette nouvelle bétaïne montre dans l'infrarouge une absorption à 2 240 cm^{-1}, caractéristique de la fonction acétylénique bisubstitué. Son point de décomposition instantanée se situe vers 260-265°. Avec l'acide chlorhydrique elle donne un chlorhydrate, $F_{(\text{éthanol})}$ vers 220° (décomp. instantanée) et, avec l'acide picrique, un picrate, $F_{(\text{éthanol})}$ 105°.

Par hydrogénation catalytique de l'heptynobétaïne, en présence de palladium sur alumine ou sur charbon actif, nous avons obtenu la bétaïne saturée correspondante, la triméthylheptanobétaïne, $(CH_3)_3\overset{+}{N}.(CH_2)_6.COO^-$, décomp. instantanée vers 350°. Chlorhydrate, $F_{(\text{éthanol})}$ 233-234°. Iodhydrate, $F_{(\text{éthanol})}$ 175°. Picrate, $F_{(\text{éthanol})}$ 111°. A titre de comparaison nous avons également préparé cette bétaïne saturée et ses dérivés en partant des acides chloro- et iodo-7 heptanoïque.

Ce travail est poursuivi dans diverses directions.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) M. Olomucki et I. Marszak, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1338.
(2) I. Marszak et M. Olomucki, *Bull.*, 1959, p. 182.
(3) M. Olomucki, *Ann. Chim.*, (13), 5, 1960, p. 845.
(4) M. Olomucki et I. Marszak, *Bull.*, 1959, p. 315.
(5) M. Olomucki, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 286.
(6) J. W. Cornforth et A. J. Henry, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 597.
(7) K. N. Campbell, F. C. Fatora et B. K. Campbell, *J. Org. Chem.*, 17, 1952, p. 1141.

(*Institut National de Recherche Chimique Appliquée et Centre National de la Recherche Scientifique.*)

GÉOCHIMIE. — *Sur l'altération spontanée du granite en milieu naturel : résultats obtenus au bout de 30 ans dans l'expérience lysimétrique de Versailles.* Note (*) de M. **Georges Pedro**, transmise par M. Jacques Bourcart.

En 1930, A. Demolon et E. Bastisse ont disposé dans une case lysimétrique 800 kg d'un granite à deux micas [1] sous forme de fragments de 2 à 4 mm, afin d'étudier les évolutions granulométrique et géochimique provoquées par l'action des agents atmosphériques *et en l'absence de toute végétation*. Ils ont donné ensuite en 1935 et en 1945 les premiers résultats de cette expérience de longue durée [2]. Le but de cette Note est de faire le point de l'essai en 1960, soit au bout de 30 ans.

Le climat du parc de Versailles a été caractérisé pendant la période 1930-1960 [3] par une température et une pluviométrie annuelles moyennes de 10,3°C et de 588 mm, cette dernière étant généralement bien répartie au cours de l'année. Au bout de 30 ans, la hauteur totale des précipitations reçues par la case représente ainsi 17 648 mm dont 45 %, soit 7 991 mm ont effectivement drainé à travers la masse granitique.

L'action des agents climatiques pendant les 30 ans a profondément modifié la constitution physique du matériau primitif : on se trouve aujourd'hui en présence d'un ensemble pulvérulent qui rappelle incontestablement un *sol*. De fait, les fragments originels de 2 à 4 mm ne représentent plus que 8,70 % de la masse; 91,3 % du granite initial ont subi une évolution granulométrique dont la progression est indiquée ci-après :

			Granulométrie des particules < 2 mm.				
Années.	Durée.	Fragments 2-4 mm.	2-0,2 mm.	200-20 μ.	20-2 μ.	< 2 μ.	pH.
1930.....	Départ	100 %	0	0	0	0	6,85
1935.....	5 ans	Non dét.	71,00	25,25	2,95	0,80	Non dét.
1945.....	15 »	»	64,75	29,50	3,85	1,45	7,80
1960.....	30 »	8,7 %	31,00	62,00	4,60	2,40	7,75

La production d'argile *granulométrique* (< 2 μ) qui constitue la fraction la plus caractéristique de la pédogenèse se poursuit donc régulièrement : pour 800 kg de matériel initial, il s'est formé 6,5 kg d'argile en 1935, 12,0 kg en 1945 et 17,5 kg en 1960, soit environ 0,5 kg par an sous le climat considéré.

A côté de cette profonde transformation granulométrique, l'évolution géochimique a été très peu marquée. C'est ce qui ressort de l'étude analytique des eaux de drainage en général [4] et de celle réalisée en particulier pour 1960. Les données relatives à l'exportation totale pendant la période 1930-1960 ont été rassemblées dans le tableau suivant :

Drainage.	SiO_2.	Al_2O_3.	Fe_2O_3.	MgO.	CaO.	Na_2O.	K_2O.	Total.
Poids exporté en 30 ans (g)......	81,5	2,0	1,2	34,7	232,0	53,2	108,0	542,6
% par rapport à la quantité initiale en chaque élément...........	0,014	0,002	0,010	0,70	3,00	0,35	0,30	0,07

L'examen pour chaque élément du pourcentage exporté par rapport à la quantité existant à l'origine dans les 800 kg de granite de la case montre que le lessivage a été au total peu intense et qu'il n'a pu, de ce fait, provoquer des variations perceptibles dans la composition chimique de la masse globale. C'est ce que nous avons essayé de constater en comparant l'ensemble des analyses effectuées sur le granite résiduel. Mais la variation des teneurs est assez anarchique et au moins pour certains éléments, hors de proportions avec ce que donnent les lessivages annuels. Ces erreurs expérimentales élevées sont probablement attribuables aux incidents survenus dans le Centre au cours de la dernière période (bombardement, transfert de la case, etc.).

Granite (Case)....	SiO_2.	Al_2O_3.	Fe_2O_3.	MgO.	CaO.	Na_2O.	K_2O.	H_2O.	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$.
1930....	74,75	13,50	1,50	0,60	0,90	1,86	4,63	0,90	9,35
1935....	74,26	14,52	1,67	0,64	1,27	1,84	4,76	0,84	8,80
1945....	74,12	14,73	1,77	0,64	1,28	1,81	4,80	0,90	8,55
1960....	74,09	14,11	1,82	1,38	1,00	2,40	3,60	1,60	8,90

Dans les fractions les plus fines et notamment dans la fraction $< 2\ \mu$, une certaine évolution peut toutefois être mise en évidence. Elle reste, néanmoins, peu importante et n'a abouti jusqu'alors à *aucune argile de néogenèse* : les particules $< 2\ \mu$ étudiées au moyen des rayons X et de l'analyse thermique sont uniquement constituées par les minéraux *primaires* (quartz, feldspaths, micas) associés à quelques gels amorphes.

Argile $< 2\ \mu$.	SiO_2.	Al_2O_3.	Fe_2O_3.	MgO.	CaO.	Na_2O.	K_2O.	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$.
1935....	63,60	23,70	2,93	1,80	1,10	2,00	4,87	4,55
1945....	63,00	22,60	5,23	1,55	1,35	0,75	5,46	4,70
1960....	58,60	21,90	5,80	2,40	1,25	3,00	6,35	4,55

En conclusion, le matériel granitique abandonné depuis 30 ans à l'action des agents atmosphériques a subi une évolution qui, suivant le point de vue d'où l'on se place, peut apparaître comme très rapide ou très lente : en effet, si la transformation granulométrique qui résulte de la microdivision accélérée des minéraux de la roche sous l'action du drainage est spectaculaire, l'évolution chimique est à peu près insensible et la néogenèse argileuse inexistante. De ce fait, l'altération climatique du granite a abouti à la formation d'un sol « brut » caractérisé par une forte teneur en bases et un pH élevé; on remarque ainsi qu'une roche de type « acide »

peut facilement conduire, au début de son altération, à un sol de réaction *alcaline*.

Enfin, on peut interpréter ces observations en les comparant aux données expérimentales mises en évidence récemment dans les études de laboratoire ([5]). Si l'on utilise les quantités d'eau percolées comme élément de transposition, on constate alors que le drainage *total* à travers la case lysimétrique (7 991 mm) représente à peine 8 jours de lessivage en extracteur Soxhlet. Il semble donc tout à fait normal dans ces conditions que l'évolution du granite en soit encore, après 30 ans d'expérience, au stade de la microdivision des minéraux primaires, c'est-à-dire à la toute première phase de l'altération géochimique.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

([1]) Quartz : 48,6 %; orthose : 11,0 %; oligoclase : 18,5 %; muscovite : 16,7 %; biotite : 5,4 %.

([2]) A. Demolon et E. Bastisse, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 736 et 223, 1946, p. 115.

([3]) Station Centrale de Bioclimatologie, C. N. R. A., Versailles.

([4]) E. Bastisse, *Ann. Agronomiques*, 21, 1951, p. 727-781.

([5]) A. Oberlin, S. Henin et G. Pedro, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2006; G. Pedro, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1697.

(*Laboratoire des sols, C. N. R. A., Versailles.*)

PÉDOLOGIE. — *Étude* in vitro *de l'influence des litières forestières sur la minéralisation de l'azote organique dans un mull acide.* Note de M. **Paul Lossaint**, présentée par M. Raoul Combes.

Pendant une incubation de sept mois à 28° d'un mull forestier acide additionné de différentes litières d'arbres forestiers à raison de 2 %, on observe une fixation de l'azote minéral, d'intensité et de durée variables selon les espèces utilisées. La nitrification n'est fortement diminuée par rapport au témoin que pendant le premier mois de la décomposition.

On sait que l'addition de substances organiques à un sol entraîne une fixation intense, sous forme protéique de l'azote minéral disponible, pendant la décomposition de ce matériel. On explique ce phénomène par une brusque activation de la flore zymogène qui nécessite des quantités importantes d'azote pour ses synthèses protéiques et qui s'en approvisionne auprès de NH_4 et NO_3 minéralisés. Une autre cause de la diminution de l'azote minéral, mais de moindre importance, est sa fixation dans les molécules d'acides humiques au cours de l'humification de ces produits.

De nombreuses mesures par la méthode d'incubation ont été faites par différents auteurs [*voir* bibliographie *in* (2)] dans le but d'étudier le compostage de produits de ferme et l'influence des enfouissements de paille et d'engrais verts sur la dynamique de l'azote minéral. A notre connaissance, aucune étude de l'influence d'additions de litières forestières n'a été entreprise.

Conditions expérimentales. — Le sol utilisé est un mull acide de pH 4,9 à 6,3 % de matière organique provenant d'une coupe forestière de quatre ans. Malgré sa forte acidité et son rapport C/N élevé (18), ce sol nitrifie intensément. Ainsi il libère en deux semaines à 28°, 195.10^{-6} d'azote minéral (rapporté à la terre sèche), avec un taux de nitrification moyen de 85 %. Le profil est celui d'un sol légèrement podzolique. Les expériences ont été réalisées avec cinq types de litières : l'Aulne, le Charme, le Chêne, le Hêtre et le Pin, les feuilles ayant été récoltées en automne, dès leur chute, séchées à l'air et finement broyées jusqu'à passage au tamis de 1 mm.

100 g de terre fraîchement prélevée passée au tamis de 4 mm sont mélangés intimement avec 2 % en poids de ces différentes litières et disposés dans des fioles coniques de 500 ml bouchées au coton, à raison de sept récipients par type de litière. L'humidité a été maintenue pendant toute la durée de l'expérience, soit sept mois, à 80 % de l'humidité équivalente. Les dosages ont été effectués par la méthode de Drouineau à des intervalles de 15 jours au début de l'expérience, d'un mois à un mois et demi par la suite.

Résultats et discussion. — Les dosages ont révélé la présence à la fois de NH_4 et de NO_3 aussi bien dans les échantillons traités que dans le

témoin. Les valeurs portées sur le graphique 1 ont été obtenues en soustrayant les chiffres de la terre témoin incubée de ceux des échantillons

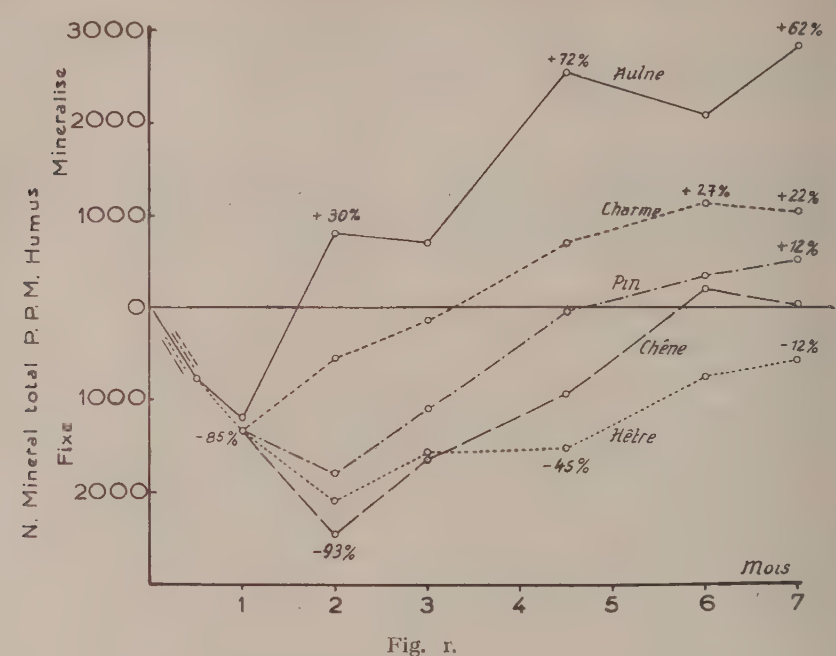


Fig. 1.
(Les chiffres représentent l'augmentation ou la diminution exprimés en pour-cent de la minéralisation du témoin.)

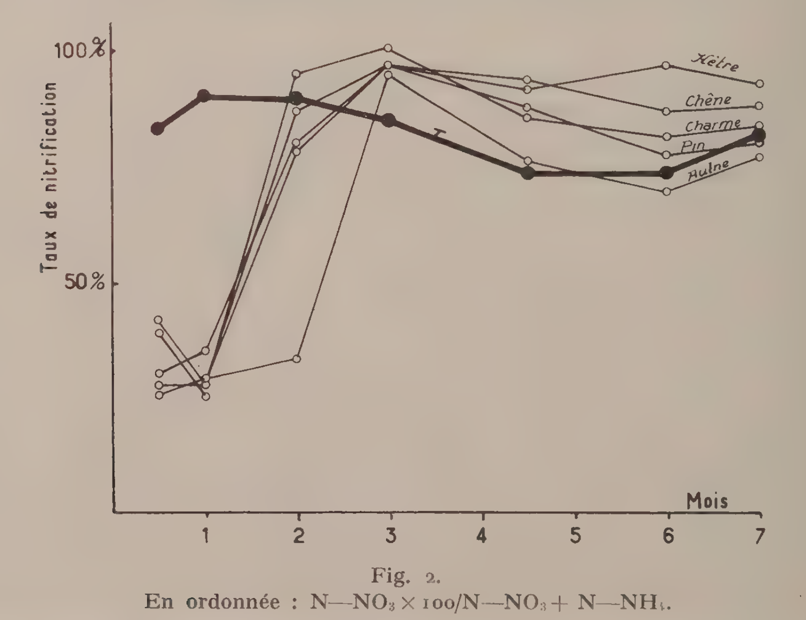


Fig. 2.
En ordonnée : $N—NO_3 \times 100/N—NO_3 + N—NH_4$.

traités à chaque date de prélèvement. Les valeurs situées au-dessus de la ligne horizontale « témoin » représentent l'azote minéralisé tandis que les

valeurs situées en dessous de cette ligne correspondent à l'azote fixé. On constate pendant le premier mois d'incubation une fixation d'azote pour toutes les espèces. Cette fixation persiste pendant cinq et six mois respectivement chez le Pin et le Chêne et même plus de sept mois chez le Hêtre. Chez l'Aulne, par contre, on assiste, après une courte phase d'un mois de fixation, à une libération importante d'azote minéral qui est à sept mois de 62 % supérieure à celle du témoin. Le Charme également, quoique à un degré moindre, provoque une activation de l'humus (22 % après sept mois).

L'intensité et la durée de la fixation biologique de l'azote minéral sont en liaison très étroite avec le pouvoir de décomposition de ces différentes litières que nous avons étudié dans un travail antérieur (3) et qui est, lui-même, en rapport avec certaines propriétés chimiques des feuilles mortes telles leur rapport C/N et leur teneur en substances hydrosolubles.

En ce qui concerne l'évolution de l'azote nitrique, le graphique montre que le taux de nitrification est assez constant dans le témoin (72 à 90 %). Il n'en est plus de même lorsqu'on y ajoute des litières. On observe alors une forte baisse du taux de nitrates pendant un à deux mois suivie d'une remontée brutale. Par la suite, ces taux se maintiennent à un niveau supérieur à celui du témoin.

Ce déficit relatif en nitrates pendant le début de l'incubation peut être dû à plusieurs causes. On peut penser à un défaut de production dont la raison serait à rechercher dans une éventuelle inhibition des organismes nitrificateurs par des toxines apportées par les litières. On peut aussi imaginer que les nitrates seraient fixés de façon préférentielle par la microflore du sol, mais ceci serait contraire à l'opinion de nombreux auteurs qui admettent que les microorganismes préfèrent l'azote ammoniacal (2). Enfin, troisième hypothèse : au début de la décomposition il y aurait libération intense d'ammoniaque que les nitrificateurs n'arriveraient pas à transformer assez rapidement, d'où une accumulation relative de cette forme d'azote.

En résumé, l'Aulne et le Charme, considérés généralement comme des essences améliorantes vis-à-vis du sol, le sont en particulier en ce qui concerne la dynamique de l'azote minéral de ce dernier.

(1) W. D. Burge et F. E. Broadbent, *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.*, 25, nº 3, 1961.
(2) G. Simon-Sylvestre, *Thèse*, Paris, 1960.
(3) P. Lossaint, *Thèse*, Strasbourg, 1959 et *Ann. Agron.*, 10, nº 4, 1959, p. 369-414; nº 5, 1959, p. 483-542.

(*Laboratoire de Phytosociologie et Pédologie, Institut de Botanique, Strasbourg.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action mitoclasique de diverses oxazolidinediones*.2-4. Note de MM. **René Billaz** et **Georges Morel**, présentée par M. Raoul Combes.

On a comparé l'activité mitoclasique de sept phényl-3 alkyl-5 oxazolidinedione-2.4, régulatrices de croissance de végétaux. Elle est forte pour tous les dérivés métachlorophényl, moyenne s'il n'y a pas de substitution, et nulle pour les substitutions para. L'activité est également maximale pour la substitution en méta d'un chlore sur un phénylcarbamate de l'acide lactique.

Certains phénylcarbamates tels que le 3-chlorophénylcarbamate d'isopropyle sont de puissants inhibiteurs de croissance, propriété qui les a fait utiliser comme herbicides ([1]), ([2]). L'analogie de structures entre ces corps et les phényloxazolidinediones qu'on obtient par cyclisation de la chaîne latérale nous a amenés à entreprendre une étude des propriétés herbicides de ces dernières.

Phényl carbamate d'acide alcools (I)

```
         H
         |
   O-----C—R
   |     |
O=O      C=O
   \      \
    NH     OH
  (C6H4)—X
```

Phényl-3 alkyl-5 oxazolidinediones-2.4 (II)

```
         H
         |
   O-----C—R
   |     |
O=C      C=O
    \   /
      N
  (C6H4)—X
```

Pour la famille des phényloxazolidinediones, le maximum d'activité herbicide correspond à R = méthyl, éthyl ou propyl, et à une substitution chlore sur le noyau phényl, en méta ou para.

Nous avons entrepris d'étudier le mode d'action de ces composés en commençant par l'observation de leurs propriétés mitoclasiques, ce qui nous était suggéré par le fait que les phénylcarbamates agissent en causant des troubles de la division cellulaire ([3]).

Sept phényloxazolidinediones (II) ont été étudiées, correspondant aux substitutions suivantes :

$R = CH_3$: 1 dérivé non substitué, 1 dérivé métachlorophényl, 1 dérivé parachlorophényl;

$R = C_2H_5$: 1 dérivé métachlorophényl, 1 dérivé parachlorophényl;

$R = CH\begin{matrix} / CH_3 \\ \backslash CH_3 \end{matrix}$: 1 dérivé métachlorophényl, 1 dérivé parachlorophényl.

Parallèlement ont été étudiés trois phénylcarbamates de l'acide lactique, analogues non cyclisés (I) des trois phényl-3 méthyl-5 oxazolidinediones. Ces dix composés ont été comparés au métachlorophénylcarbamate d'isopropyle.

Nous avons utilisé des radicelles d'orge (obtenues par germination à l'étuve en 48 h) mises en contact avec des doses croissantes (10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4} et 10^{-3}) de produit actif, pendant 24, 48 et 72 h, soit douze variables doses-temps.

Les méristèmes prélevés après le traitement ont été fixés, inclus en gélose et paraffine, coupés et colorés au réactif Feulgen. La longueur des radicelles était mesurée à chaque prélèvement.

Les résultats sont les suivants :

C'est le phénylcarbamate d'isopropyle qui présente la plus forte activité mitoclasique, à toutes les doses, avec arrêt de la croissance dès la concentration de 10^{-6}.

On ne trouve aucune activité mitoclasique sensible avec les composés substitués en para quel que soit le radical alkyl sur le carbone 5. On n'observe aucune anomalie aux doses faibles et quelques tropicinèses seulement à 10^{-4} et 10^{-5}. Il en est de même pour le parachlorophénylcarbamate de l'acide lactique. La croissance des racines n'est d'ailleurs qu'à peine ralentie aux doses faibles; elle est plus sensiblement freinée aux doses élevées, la fréquence des divisions baissant nettement.

Les composés méta substitués ont, par contre, tous une certaine activité mitoclasique.

Dans le cas du dérivé méthyl, cette activité est particulièrement intense à doses élevées; elle se manifeste par des stathmométaphases prolongées (hyperspiralisation des chromosomes) et généralisées. On arrive à la dose 10^{-3} à une polyploïdie très importante. Les cellules sont alors hypertrophiées et présentent des amas chromatiques remplissant presque tout le volume cellulaire. Aux doses 10^{-5} les troubles sont faibles (mérosthamocinèses assez rares, tropocinèses) et négligeables à 10^{-6}. La croissance normale à 10^{-6}, ralentie à 10^{-5}, est stoppée à 10^{-4} et 10^{-3}, les radicelles présentent alors des intumescences caractéristiques dans la zone méristématique.

Les dérivés éthyl et isopropyl ont une activité sensiblement plus faible. A 10^{-5}, on n'observe pratiquement aucune anomalie. A 10^{-4}, le dérivé éthyl provoque des stathmométaphases fréquentes, alors que le dérivé isopropyl en présente relativement peu. A 10^{-3} on observe des stathmocinèses générales, sans polyploïdie importante comme avec le dérivé méthyl, avec une hyperspiralisation des chromosomes également moins accentuée. Les cellules sont hypertrophiées et la chromatine y est répartie en amas épars. L'activité mitoclasique paraît diminuer avec l'allongement de la chaîne latérale. L'action du métachlorophénylcarbamate de l'acide lactique est importante, comparable à celle de l'oxazolidinedione correspondante (mais il n'y a pas polyploïdie accentuée).

Les deux composés non substitués sur le noyau phényl (oxazolidinedione et phénylcarbamate correspondant) ont une activité mitoclasique moyenne, se manifestant par des mérosthamocinèses fréquentes, à 10^{-4}, quelques

stathmométaphases à 10^{-3} et des fragmentations de noyau. Ils sont sans action à 10^{-5} et 10^{-6}.

Il se dégage donc deux groupes de composés, les dérivés parachlorophényl d'une part, qui n'ont aucune action mitoclasique, et les dérivés métachlorophényl ou non substitués qui sont des inhibiteurs plus ou moins puissants du fonctionnement fusorial, le maximum correspondant au dérivé métachlorophényl-3 méthyl-5 oxazolidinedione-2.4. Ces résultats sont à rapprocher des symptômes que provoquent sur des moutardes cultivées en serre ces mêmes composés appliqués à des doses subléthales. Ils sont, en effet, de deux types également : raccourcissement des entre-nœuds avec port en rosette plus ou moins marqué; dans le cas des dérivés métachlorophényl ou non substitués, entre-nœuds normaux mais inhibition du développement en surface du limbe de feuilles dans le cas des dérivés parachlorophényl. Le port en rosette des plants traités est donc attribuable aux perturbations de la mitose.

L'activité mitoclasique est sensiblement parallèle à l'activité herbicide, pour les produits du premier groupe (elle en est donc une composante importante). Mais inversement deux des dérivés parachlorophényl sont des herbicides actifs.

On note également l'identité d'action entre les phényl-3 méthyl-5 oxazolidinediones et leurs analogues phénylcarbamates.

(1) R. David, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 198.
(2) W. G. Templeman et W. A. Sexton, *Nature*, 156, 1945, p. 630.
(3) Ivens et Blakman, *Symposia Soc. Exptl. Biol.*, 3, 1949, p. 266-282.
(4) G. Deysson, *Les facteurs de la mitoinhibition végétale*, in *Les facteurs de la croissance cellulaire*, Masson, Paris, 1956.

(*Laboratoire de Physiologie végétale, Institut national de la Recherche agronomique, Versailles, Seine-et-Oise.*)

CYTOLOGIE. — *Mise en évidence par microscopie électronique d'un appareil fibrillaire dans le Cytoplasme et le noyau de certaines cellules.* Note (*) de M. **Albert Claude**, présentée par M. Robert Courrier.

La présente Note a trait à la mise en évidence d'un appareil fibrillaire, composé de fins filaments de 70 à 90 Å de diamètre, disposés en faisceaux orientés sur le pourtour du noyau, et à l'intérieur de celui-ci. Les rapports de ce système fibrillaire avec le noyau permettent de le rapprocher du système fusorial de la cytologie classique, vraisemblablement à un moment précoce du cycle mitotique.

Un procédé de fixation par le tétroxide d'osmium capable de fixer les tissus d'une manière plus complète a été discuté en détail dans un travail antérieur (1). Parmi les constituants cellulaires qui semblent bénéficier de la méthode de fixation préconisée figurent trois types d'inclusions qui ont été décrites et illustrées à l'occasion de Communications récentes : 1° des corps nucléaires sous forme de réseaux constitués de filaments orientés et enroulés en spirale, et vraisemblablement apparentés aux chromosomes (1), (2), (3); 2° des formations paranucléolaires considérées comme représentant des régions différenciées des filaments chromosomiques élémentaires, épaissis ou jumelés (chromomères), et dont l'une des fonctions interviendrait dans la formation des nucléoles (3); 3° de fins filaments, vraisemblablement de nature protéique, et qui se présentent en faisceaux plus ou moins compacts dans diverses régions du cytoplasme [(1), *fig.* 3]. Des observations antérieures au microscope électronique (1), (2), (3) ont montré que les cellules d'un carcinome rénal transplantable (4), également utilisées dans le présent travail, peuvent constituer un matériel favorable pour l'étude des chromosomes et du noyau.

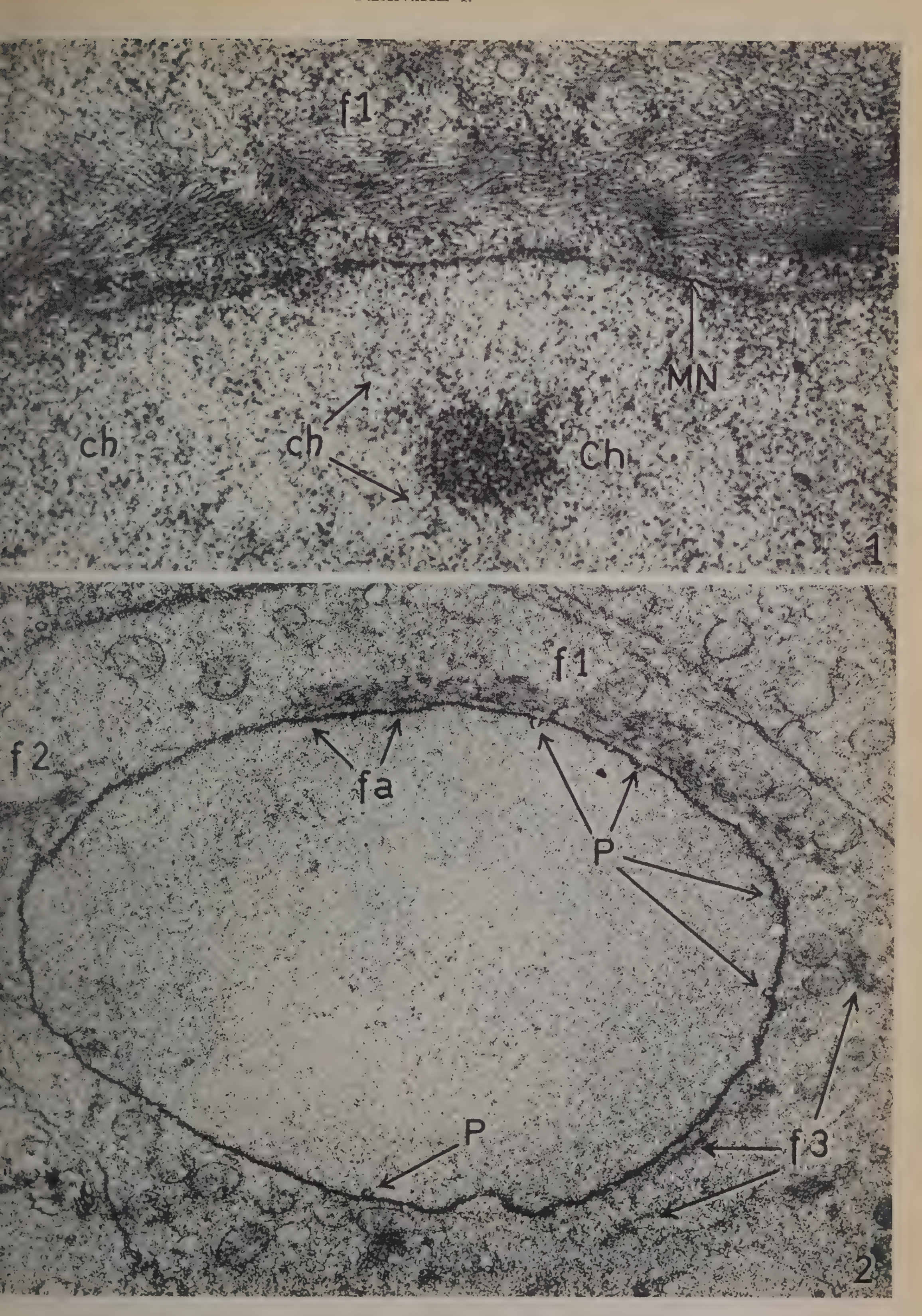
La figure 2 (pl. I) montre une vue générale d'une cellule, destinée à illustrer le noyau et en particulier : *a.* la membrane nucléaire et *b.* la région du cytoplasme proche du noyau et disposée au pourtour de celui-ci. Il est probable que le plan de la coupe examinée passe par une région moyenne du noyau située entre un pôle et le plan équatorial correspondant, par comparaison avec l'aspect de noyaux déjà étudiés [(2), (3), *fig.* 2], et pour les raisons suivantes : 1° l'absence de masses nucléolaires, généralement situées au centre du noyau; 2° le profil relativement net et continu de la membrane nucléaire, excepté à l'extrémité gauche de la figure, indiquant que la membrane nucléaire a été coupée suivant un angle inférieur, mais encore assez proche de l'angle droit; 3° la présence d'irrégularités sur le parcours de la membrane nucléaire (*p*, *fig.* 2), se présentant sous l'aspect de ponts ou de tunnels, plutôt que sous forme de rosettes ou de pores lorsqu'une coupe fortement oblique est pratiquée à l'un des pôles du noyau (*fig.* 3 et 4). La figure 2 se caractérise par la présence dans le cytoplasme de formations fibrillaires qui semblent s'organiser au voisinage du noyau

et, dans certains cas, entrer en rapport avec la surface de celui-ci; la disposition de ces faisceaux paranucléaires sera décrite plus en détail dans les légendes des figures.

La figure 1 (*pl.* I) illustre à partir d'une autre cellule et à plus fort grossissement, une formation fibrillaire (*f*.1) de même aspect que celles présentées sur la figure 2. La micrographie montre un faisceau composé de fines fibres parallèles, qui longe la périphérie du noyau à distance relativement uniforme et dont l'extrémité se rapporche de la paroi nucléaire en même temps que celle-ci perd son double contour (fa) et ne peut plus être identifiée. La masse de haute densité (Ch) représente une condensation chromosomique (bloc de chromatine) composée de filaments chromosomiques élémentaires qui se continuent radiairement, à l'état isolé (ch), dans le nucléoplasme environnant.

Les figures 3 et 4 (*pl.* II) illustrent la disposition des fibres cytoplasmiques telles qu'elles apparaissent lorsque le plan de coupe se situe à un niveau voisin d'un pôle du noyau avec, pour résultat, une section plus ou moins oblique de la membrane. Dans ces conditions, certains aspects de l'enveloppe nucléaire, vue de face, sont également exposés. Les particularités suivantes sont apparentes dans les figures 3 et 4 : 1° dans les régions apicales examinées, des fibrilles cytoplasmiques parallèles, sous forme de larges nappes ou faisceaux entourent presque entièrement le noyau et paraissent orientées dans une direction perpendiculaire à la périphérie de celui-ci (*fig.* 4, et f 1, *fig* 3). Dans certaines régions, les fibres se prolongent jusqu'à la paroi vue de profil (f 2, *fig.* 3) ou jusqu'au feuillet endoplasmique de l'enveloppe nucléaire et semblent s'y rattacher (f 3, *fig.* 4); 2° de son côté la paroi nucléaire présente sur son pourtour des formations généralement décrites comme représentant des orifices ou pores de la membrane; l'examen plus attentif de ces pores indique la périphérie de ceux-ci comme étant le lieu d'attache en rosace de filaments chromosomiques élémentaires, donnant à leur pourtour un aspect pointillé; dans des conditions favorables, de 8 à 10 de ces filaments ont pu être dénombrés.

Les figures 5, 6 et 7 illustrent un aspect particulier de la membrane nucléaire de certains noyaux. Dans ce cas, la paroi nucléaire présente sur tout son pourtour des indentations régulières et profondes, et à profils d'angles aigus; il est à noter que les parties plus centrales, par rapport au noyau, montrent un profil net, indiquant que la membrane a été sectionnée normalement à sa surface (ct,) tandis que les portions angulaires périphériques ont été sectionnées d'une manière oblique (co), comme l'indique l'aspect mal défini de ces régions. En même temps on observe que le noyau est enveloppé sur sa face cytoplasmique d'un système d'importants faisceaux de fins filaments, semblables d'aspect à ceux déjà illustrés dans les figures 1 à 4. Il est apparent que, pour une région donnée, les faisceaux de fibrilles cytoplasmiques de même que les indentations correspondantes



Légende au verso.

EXPLICATIONS DES FIGURES.

Le matériel illustré (*fig.* 1 à 9) représente des cellules d'un carcinome rénal transplantable de la Souris; fixation dans une solution aqueuse de tétroxide d'osmium à 1 %; inclusion au méthacrylate; colorations à l'acide phosphotungstique ou à l'hydroxide de plomb; les micrographies ont été faites à l'aide d'un microscope électronique RCA, modèle EMU-2 C, muni d'un compensateur d'astigmatisme et du système de centrage d'aperture Canalco.

Planche I.

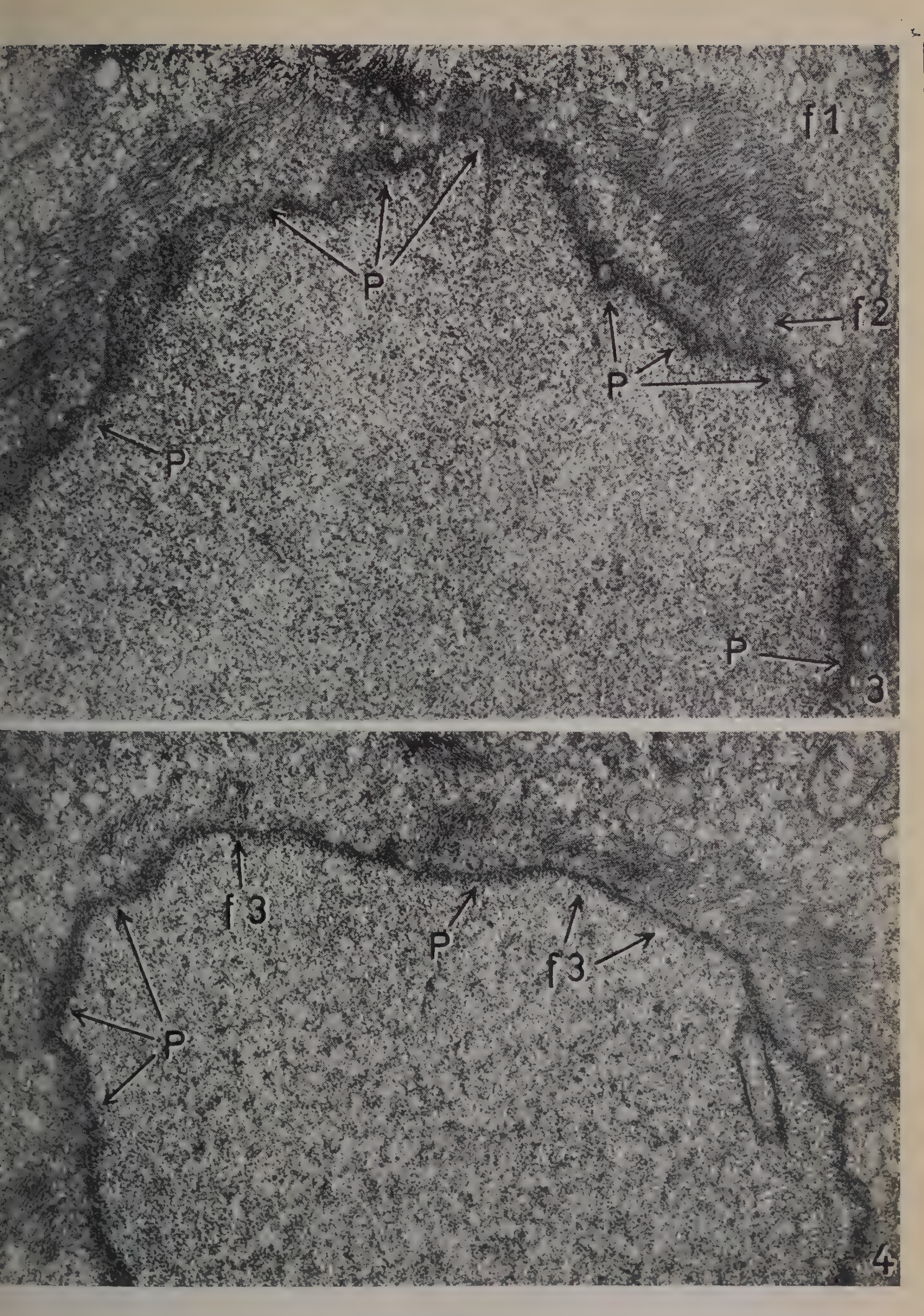
Fig. 1. — Cette micrographie représente une partie agrandie de cellule, à la limite du noyau : la paroi nucléaire (MN) qui traverse la figure de gauche à droite sépare la région en deux portions. La partie inférieure montre une portion de la zone périphérique ou chromosomique du noyau. La masse dense (CH), de 0,5 μ environ, représente une condensation chromosomique correspondant vraisemblablement à certains « blocs de chromatine » de la cytologie classique; à la périphérie de cette dernière formation on peut voir les filaments chromosomiques élémentaires (ch) se répandre dans le nucléoplasme environnant.

La partie supérieure ou cytoplasmique de la figure est occupée en grande partie par de fins filaments parallèles, de 70 à 90 Å de diamètre environ, dont un large faisceau longe à peu de distance l'enveloppe nucléaire; on peut distinguer le double profil (MN) de celle-ci sur une partie de son parcours. A gauche de la figure (fa) la membrane nucléaire devient diffuse tandis que le faisceau de filaments semble s'en rapprocher : cette image peut correspondre à un contact ou adhésion entre les filaments et la paroi nucléaire, mais d'autres observations seront nécessaires avant de pouvoir conclure à ce sujet. On peut noter que les grains de Palade (ribosomes) sont particulièrement abondants au voisinage des fibrilles cytoplasmiques (*voir* aussi les figures 5 et 6).

(G : ×7 350, agrandi à ×52 000.)

Fig. 2. — Cette micrographie montre une vue générale d'une autre cellule, destinée à illustrer l'aspect des faisceaux de fibrilles cytoplasmiques, ainsi que leur disposition caractéristique au voisinage ou au contact du noyau. Un faisceau de fins filaments (*f* 1) longe le bord supérieur du noyau sur une partie importante de sa largeur; en certains endroits (fa) des fibrilles de ce faisceau se placent perpendiculairement à la membrane nucléaire et semblent la traverser. Le groupe de filaments (*f* 2) a ses deux extrémités incurvées vers le noyau. D'autres portions de faisceaux, coupés parallèlement ou transversalement par rapport à la direction des fibrilles, sont également visibles (*f* 3) sur les autres faces du noyau. A la limite du noyau, l'enveloppe nucléaire montre des irrégularités sous forme de pores et, plus fréquemment, sous forme de ponts ou de tunnels (p).

(G : ×3 625, agrandi à ×16 000.)



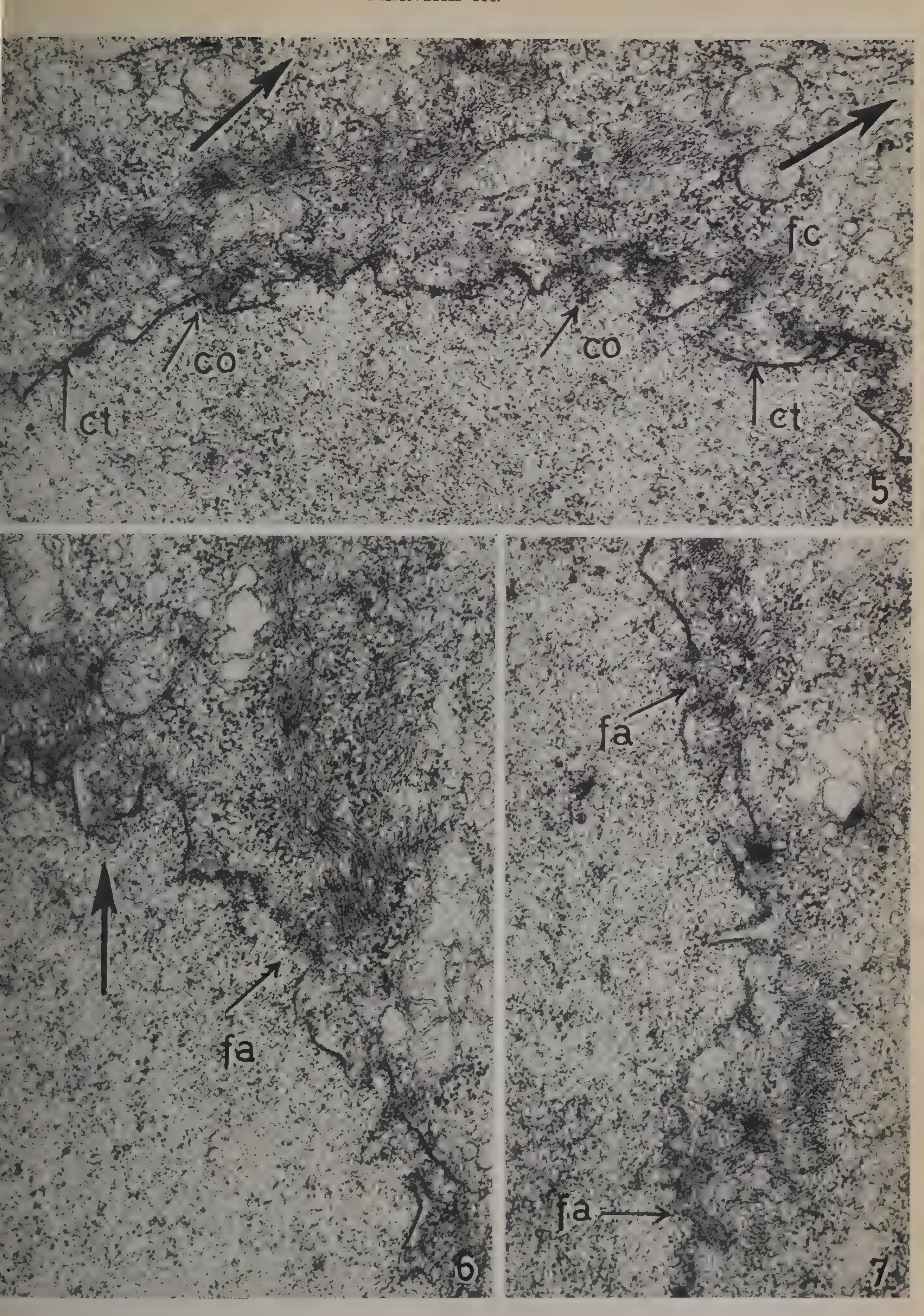
Légende au verso.

Planche II.

Fig. 3 et 4. — Les micrographies 3 et 4 montrent des cellules coupées suivant un plan passant par une région apicale des noyaux, comme le suggère les observations suivantes : *a.* les dimensions apparentes relativement faibles des noyaux, par rapport, d'une part, au périmètre des corps cellulaires et, d'autre part, au diamètre moyen des noyaux tels qu'ils sont illustrés dans les figures 2 et 9; *b.* l'aspect irrégulièrement épais et mal défini de la paroi nucléaire comme il apparaît lorsque des coupes sont pratiquées d'une manière oblique ou presque tangentielle par rapport à sa surface. Les parties de parois nucléaires ainsi examinées de côté ou de face montrent, dans les figures 3 et 4, des formations circulaires de 65 à 90 mμ de diamètre, qui sont habituellement décrites comme représentant des orifices ou des pores de la membrane. Certaines de ces formations se trouvent sur le parcours même de la paroi vue de profil (p, *fig.* 3); d'autres se présentent sous forme de rosettes disposées au pourtour du noyau et légèrement en dehors de la limite apparente de celui-ci (p, *fig.* 4, et aussi angle inférieur droit, *fig.* 3) : cette situation peut s'expliquer si l'on admet que, dans le cas présent, les pores sont situés sur la marge extérieure vue de face d'une coupe oblique de la membrane. Un examen plus attentif de ces pores indique que leur limite ne constitue pas un cercle plein et ininterrompu, comme il le paraît à faible grossissement, mais présente un aspect pointillé et en « rosette », déjà signalé; cet aspect, illustré dans les figures 3 et 4, semble être dû au fait que le pourtour de ces pores constitue un point d'attache en rosace de filaments chromosomiques élémentaires : dans des conditions favorables, de 8 à 10 de ces filaments, par pore, ont pu être dénombrés.

La partie caractéristique des figures 3 et 4, dans le cadre de la présente Note, est représentée par de nombreux filaments cytoplasmiques parallèles disposés en nappes ou en larges faisceaux, orientés pour la plupart dans un sens perpendiculaire à la surface des noyaux : de telles formations occupent presque tout le pourtour des noyaux (*fig.* 4, et f 1, *fig.* 3). Dans certaines régions les fibres cytoplasmiques se prolongent jusqu'à la paroi vue de profil (f 2, *fig.* 3), ou jusqu'à la face externe de l'enveloppe nucléaire, et semblent s'y attacher (f 3, *fig.* 4). Ces rapports possibles entre les fibres cytoplasmiques et l'enveloppe nucléaire sont également illustrés, sous un aspect différent, dans les figures 5 à 7.

(G : Fig. 3, ×7 350, agrandi à ×44 000; Fig. 4, ×7 350, agrandi à 31 000.)



Légende au verso.

Planche III.

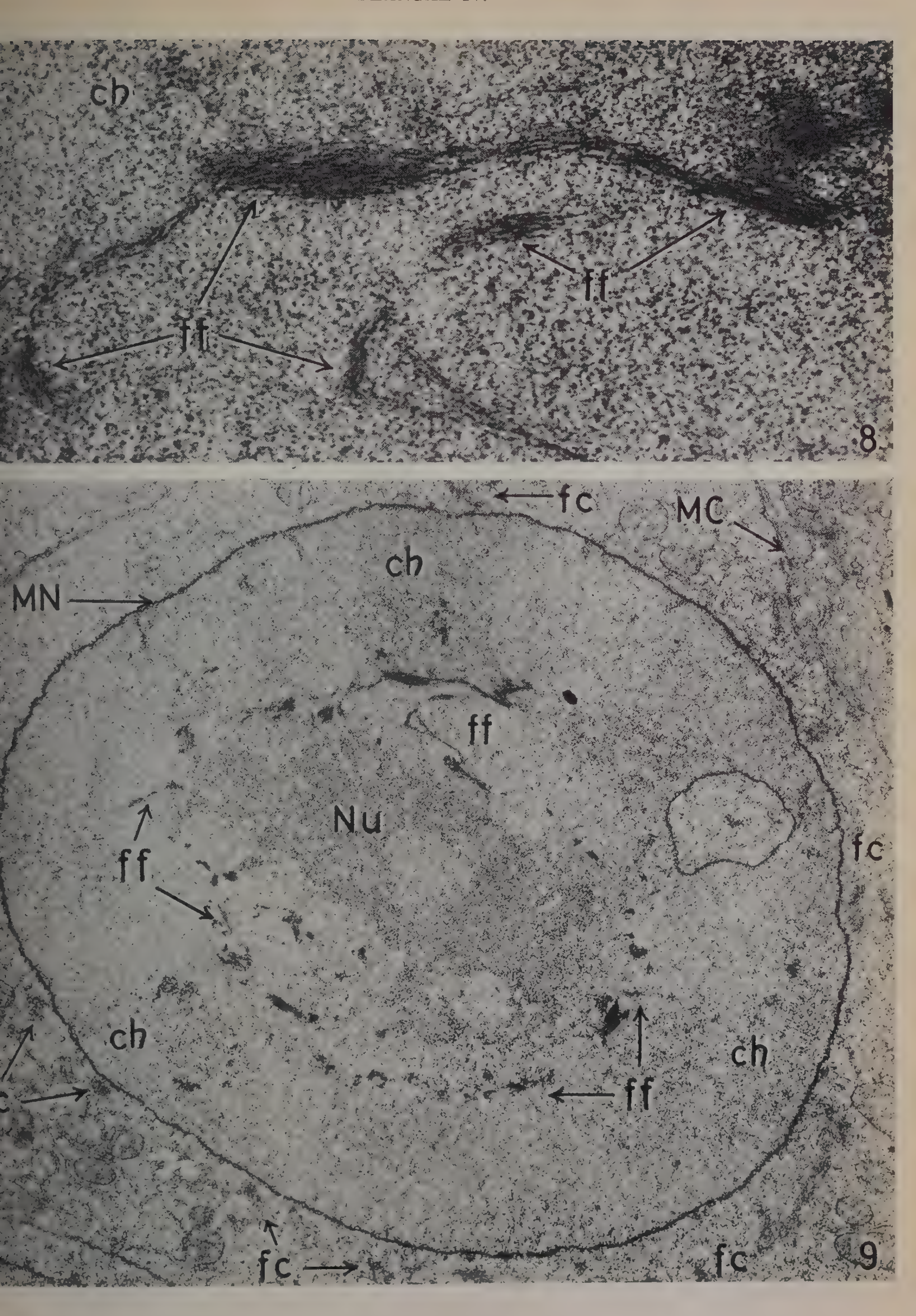
Fig. 5, 6 et 7. — Les trois micrographies de la planche III illustrent un aspect particulier de certains noyaux : comme dans le cas des figures 3 et 4, il semble probable que le plan des coupes étudiées se situe à un niveau plus ou moins rapproché d'une région apicale des noyaux. Les points caractéristiques mis en évidence dans les illustrations 5 à 7 se rapportent à la condition des membranes nucléaires qui présentent sur tout leur pourtour des indentations régulières et profondes, et à profils d'angles aigus. Dans les exemples examinés, il est à noter que les parties les plus centrales, par rapport à la masse du noyau, donnent généralement une image nette et relativement rectiligne (ct, *fig.* 5), tandis que les parties angulaires qui se projettent vers le cytoplasme environnant présentent, particulièrement à leur sommet, un aspect étalé et mal défini. Pour les raisons discutées dans le texte et au sujet des figures 3 et 4, on peut conclure que les régions nettes et relativement rectilignes (ct) correspondent à des portions de membrane nucléaire coupées normalement à la surface de celle-ci, tandis que les régions angulaires mal définies, notamment les sommets, représentent des portions déformées de l'enveloppe nucléaire, et sectionnées d'une manière oblique (co).

Du côté cytoplasmique, on constate que le noyau est entouré sur tout son pourtour par un système d'importants faisceaux de fins filaments de même apparence et diamètre (75 à 90 Å) que ceux déjà illustrés dans les figures 1 à 4. Il est apparent que, pour une région donnée, les faisceaux de fibrilles cytoplasmiques, de même que les indentations de la membrane, sont orientés dans une même direction : cette disposition caractéristique a été indiquée par des flèches, de gauche à droite pour la figure 5, de bas en haut pour la figure 6. Dans de nombreux endroits, notamment au sommet des indentations, des groupes de fibrilles cytoplasmiques s'approchent jusqu'à la paroi nucléaire, et semblent prendre contact avec celle-ci (fc, *fig.* 5 et fa, *fig.* 6 et 7). De tels aspects peuvent également être détectés dans les figures 3 et 4. Les déformations de la paroi nucléaire qui viennent d'être décrites sont telles qu'elles peuvent être considérées comme étant le résultat de tractions exercées par des groupes de fibres cytoplasmiques sur des régions définies de la paroi nucléaire.

Les observations exposées dans la présente Note indiquent que l'appareil fibrillaire mis en évidence dans le cytoplasme s'organise, du moins à certains moments et dans certaines conditions, en fonction du noyau et qu'il peut avoir une action sur celui-ci.

(G : × 5 200, agrandi à × 34 000, × 37 000 et × 34 000,

respectivement, pour les figures 5, 6 et 7.)



Légende au verso.

Planche IV.

Fig. 8 et 9. — Les illustrations précédentes ont démontré dans le cytoplasme la présence d'un système de fins filaments organisés et orientés au pourtour du noyau. Un système de filaments semblables et de même dimensions (75 à 90 Å de diamètre environ) peut également être décelé dans l'enceinte du noyau.

Fig. 9 : Cette image montre une vue générale d'un noyau sectionné au niveau de sa zone équatoriale, comme l'indique les observations suivantes : *a.* le diamètre important du noyau, proportionnellement aux dimensions du corps cellulaire dont on peut voir la limite à l'angle supérieur droit (MC) ainsi qu'aux angles supérieur et inférieur gauches de la figure; *b.* l'image nette et contrastée de l'enveloppe nucléaire (MN) indique que celle-ci a été coupée sur tout son pourtour, perpendiculairement à sa surface; *c.* la présence d'une masse nucléolaire importante (Nu) au centre du noyau. Dans le cytoplasme, on reconnaît des groupes de filaments semblables à ceux déjà décrits, en masses peu importantes (fc) mais réparties assez régulièrement sur tout le pourtour du noyau.

La partie caractéristique de la figure 9 est constituée par un système de fins filaments parallèles (ff) réunis en faisceaux sectionnés selon des angles variables, et disposés suivant un cercle occupant une région située à distances à peu près égales entre le centre et la périphérie du noyau. Une portion de ces fibres « nucléaires » sont illustrées à plus fort grossissement dans la figure 8.

Les fibres à localisation nucléaire illustrées dans les figures 8 et 9 ne peuvent pas être confondues avec les filaments chromosomiques élémentaires, dont il a été question dans des Communications précédentes [(1), (2), (3)] plus épais et plus différenciés, et qui se caractérisent par un cours très sinueux dans le nucléoplasme (ch, *fig.* 1, 8 et 9).

Dans le cadre du présent travail il n'est pas sans intérêt d'observer que le cercle où se situent les fibres parallèles à localisation nucléaire (ff) marque une zone particulière du noyau, interposée entre deux territoires morphologiquement distincts, c'est-à-dire : 1° la zone externe ou chromosomique qui est le lieu où les chromosomes se trouvent condensés aux moments de la prophase et de la télophase, et où leurs filaments élémentaires se dispersent pendant l'intercinèse [(3), *fig.* 3 et 4] et 2° la zone centrale ou nucléolaire contenant généralement les nucléoles et les chromomères formateurs de ceux-ci [(2), *fig.* 2, et (3), *fig.* 2].

(G : ×3 650, agrandi à ×14 000.)

Fig. 8 : Cette illustration montre une portion de la cellule représentée dans la figure 9, mais photographiée indépendamment, et à plus fort grossissement. Les filaments parallèles (ff) provenant du noyau de cette même cellule, mesurent de 75 à 90 Å de diamètre environ. Le nucléoplasme environnant est occupé en partie par des filaments à trajets sinueux, d'origine chromosomique (ch), ou nucléolaire.

(G : ×11 340, agrandi à ×68 000.)

de la paroi sont orientés dans la même direction; cette disposition caractéristique est visible dans la figure 5 (flèches, de gauche à droite), et dans la figure 6 (de bas en haut). Les dispositions qui viennent d'être décrites sont telles qu'elles pourraient être l'effet de tractions de fibrilles cytoplasmiques sur des régions définies de la paroi auxquelles elles seraient attachées. La figure 7 montre des régions où des fibres cytoplasmiques (fa) s'approchent de la paroi nucléaire et paraissent prendre contact avec celle-ci. De telles régions sont également visibles dans les figures 1, 3, 5, et 6.

Un système de filaments de même aspect et de mêmes dimensions (75 à 90 Å de diamètre environ) peut également être décelé dans l'enceinte du noyau. La figure 9 montre une vue générale d'un noyau sectionné au niveau ou au voisinage de sa zone équatoriale ainsi que l'indique : *a.* une image relativement nette de la double enveloppe nucléaire (MN) et *b.* la présence d'une masse nucléolaire (Nu), occupant le centre du noyau. La partie caractéristique de l'image est constituée par un système de fins filaments parallèles (ff), réunis en faisceaux sectionnés selon des angles variables, et disposés suivant un cercle occupant une région moyenne entre le centre et la périphérie du noyau. Les fibrilles parallèles à localisation nucléaire, et qui sont illustrées sous un plus fort grossissement dans la figure 8, ne peuvent pas être confondues avec les filaments chromosomiques élémentaires plus épais (125 à 150 Å de diamètre environ), et qui contrastent par un cours très tortueux dans le nucléoplasme (ch). Le cercle où se situent les fibrilles nucléaires (ff) semble marquer une zone particulière du noyau puisqu'elle constitue en quelque sorte la frontière entre des zones morphologiquement plus différenciées : 1° la couche externe ou chromosomique (ch) qui est le lieu principal soit de concentration, soit d'expansion des chromosomes [(3), *fig.* 3 et 4]; 2° la zone centrale ou nucléolaire, contenant le ou les nucléoles, et les chromomères formateurs de ceux-ci [(2), *fig.* 2 et (3), *fig.* 2].

Les fibrilles cytoplasmiques et nucléaires décrites et illustrées dans la présente communication constituent un système qui, étant donné ses rapports évidents avec le noyau, peut être rapproché du système fusorial de la cytologie classique (5). Il n'est pas encore possible de préciser à quel moment du cycle mitotique se situent les figures observées, bien que la prophase, dans son temps préliminaire, paraisse le plus probable.

(*) Séance du 23 octobre 1961.

(1) A. CLAUDE, *Comptes rendus du 10e Congrès international de Biologie cellulaire*, Paris, 4-9 septembre 1960; *Pathologie et Biologie*, 9, 1961, p. 933.

(2) A. CLAUDE, *J. Ultrastructure Research* (sous presse).

(3) A. CLAUDE, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 4186.

(4) A. CLAUDE, *Revue française Études cliniques et biologiques*, 3, 1958, p. 261.

(5) F. SCHRADER, *Mitosis. The Movements of Chromosomes in Cell Division*, Columbia University Press, 1946, p. 4-38.

(*Laboratoire de Cytologie et de Cancérologie expérimentale, Université Libre de Bruxelles, Belgique.*)

EMBRYOLOGIE. — *L'activité sécrétoire précoce des glandes endocrines de l'embryon d'Orvet* (Anguis fragilis *L.*). Note de M. **Albert Raynaud** et Mme **Jeanne Raynaud** [1], présentée par M. Jacques Tréfouël.

La différenciation fonctionnelle des glandes endocrines des embryons de Reptiles n'a encore fait l'objet que d'études peu nombreuses : quelques recherches ont été effectuées sur le plan de l'embryologie normale et de l'histochimie [2], [3] et sur le plan expérimental au moyen de la culture des ébauches d'organes [4] ou par des interventions directes sur l'embryon [5]. Nous apportons dans cette Note les premiers résultats d'une étude histologique et histochimique de quelques glandes endocrines de l'embryon d'Orvet (*Anguis fragilis*).

1. *Ébauche de la glande thyroïde.* — Une trentaine de jeunes embryons d'Orvet fixés au Zenker-formol-acide acétique ou au mélange de Orth ont été coupés en série et les sections colorées à l'hémalun-éosine-safran ou traitées par la réaction acide periodique-Schiff (PAS).

Chez les plus jeunes embryons de cette série, pesant de 30 à 60 mg (et mesurant de 5 à 7 mm de distance courbure cervicale-courbure caudale) l'ébauche thyroïdienne qui vient de se constituer se présente sous forme d'un nodule ovoïde mesurant de 75 à 100 μ de diamètre transversal; c'est un amas de cellules serrées dans lequel aucune organisation en cordons n'est décelable; il existe à ce stade de fins granules PAS positifs dans le cytoplasme des cellules. Chez les embryons un peu plus âgés, pesant de 70 à 90 mg, ces fines granulations ne s'observent plus, mais dans des espaces intercellulaires il existe çà et là, un peu de matériel PAS positif.

C'est chez les embryons pesant de 90 à 100 mg (mesurant 21 à 22 mm du sommet de la tête au cloaque, embryon allongé sur le dos) que des cordons cellulaires s'organisent dans le nodule thyroïdien; à ce stade (embryons de 92 mg) de petits amas de matériel PAS positif se forment çà et là dans la partie centrale des cordons, représentant la première sécrétion de colloïde hors de la cellule thyroïdienne; il existe à ce stade de nombreuses mitoses dans l'ébauche; entre les stades de 115 à 130 mg, la glande conserve une structure cordonale mais les amas de colloïde deviennent plus importants et présentent de petites sphérules claires traduisant peut-être un début de résorption.

Chez les fœtus pesant de 130 à 160 mg, les cordons épithéliaux s'organisent en vésicules contenant une colloïde fortement colorée par le traitement au PAS, et présentant de nombreuses gouttelettes de résorption. Chez les fœtus plus âgés (250 mg) les vésicules thyroïdiennes en général sphériques ont un diamètre moyen de 25 à 30 μ; leur lumière, remplie de sécrétion atteint 10 à 12 μ de diamètre; l'épithélium est plat ou moyennement élevé; il existe de nombreuses vacuoles au sein de la colloïde.

Au stade de 350 mg, les vésicules thyroïdiennes sont plus allongées, ovoïdes, mesurant de 40 à 45 μ selon leur grand axe et 25 à 35 μ selon leur petit axe; l'épithélium atteint une dizaine microns de de hauteur et les vésicules sont remplies d'une colloïde dense présentant des vacuoles de résorption.

2. *Ébauches des glandes génitales.* — Rappelons que l'ébauche gonadique se différencie en testicule chez les embryons de 70 à 100 mg et en ovaire entre les stades de 90 à 110 mg ([6]); les canaux de Müller des embryons mâles régressent entre les stades de 110 à 160 mg. L'étude histologique suggère l'existence de phénomènes d'élaboration dans la cellule épithéliale de la paroi des tubes testiculaires ([6]).

Après fixation de jeunes embryons au formol neutre à 10 %, coupes à congélation et traitement des sections par le Soudan III ou l'écarlale cérol BX, R. A. L., on trouve des granules lipidiques dans le cortex des ovaires; dans les testicules des embryons pesant de 120 à 130 mg il existe égalcment des granules lipidiques, colorés en jaune orangé, dans l'épithélium germinatif et de fines granulations faiblement teintées dans les cellules épithéliales de la paroi des tubes testiculaires; entre les tubules nous n'avons pas trouvé de matériel lipidique. Après fixation au Zenker-formol-acide acétique et traitement des coupes par la réaction acide périodique-Schiff, on observe quelques fins granules rouges, PAS positifs, dans le cytoplasme des cellules épithéliales de la paroi des tubes testiculaires et dans la lumière des tubules (embryons étudiés pesant de 115 à 130 mg); il ne s'agit pas de glycogène, la coloration existe après un pré-traitement des coupes par l'amylase salivaire. Notons aussi que la partie supérieure des cellules des tubules testiculaires se teinte légèrement en bleu sous l'effet du bleu de toluidine et en brun rougeâtre léger, après le vert de méthyle-pyronine.

3. *Ébauches des glandes surrénales.* — Le cortex surrénal des jeunes embryons (stades de 120 à 150 mg) est riche en matériel lipidique (coupes à congélation et Soudan III); il ne se teinte, aux mêmes stades, que faiblement après le PAS. Les cellules de la paroi des tubules du mésonéphros sont bourrées de granulations lipidiques.

4. *Ébauche hypophysaire.* — Dans ces premières recherches nous avons surtout cherché à déceler les premiers indices d'activité sécrétoire du lobe antérieur, au moyen de la réaction acide périodique-Schiff. Chez les jeunes embryons pesant de 30 à 60 mg la poche de Rathke est ouverte dans la cavité buccale; après le PAS on voit des fibres teintées en rouge plus ou moins vif entre la paroi du diencéphale et celle de la poche de Rathke; dans la cavité de cette poche existent de petits amas de matériel PAS positif accolés à la partie apicale de groupes de cellules épithéliales de la paroi; le cytoplasme de ces cellules a souvent une teinte rougeâtre; de fins granules PAS positifs s'observent aussi dans le cytoplasme apical des cellules de la poche de Rathke près de la jonction de la poche avec l'épithélium oral (ce dernier contient aussi de nombreuses granulations

PAS positives). Chez les embryons pesant de 70 à 100 mg il existe également quelques cellules dont le cytoplasme est teinté en rose ou en rouge après le PAS, dans la *pars intermedia*, le lobe aboral et le processus antérieur du lobe oral (chez ces fœtus la poche de Rathke est en train de se séparer ou s'est séparée de l'épithélium oral); on trouve aussi du matériel PAS positif dans l'espace compris entre la *pars intermedia* et le *saccus infundibuli*. Chez les embryons de 100 à 150 mg les résultats ont été variables : quelques cellules PAS positives (légèrement) sont, en général, présentes dans le lobe antérieur mais notre matériel est insuffisant à ce stade, pour une étude précise. Chez les embryons plus âgés (155 à 300 mg) de nombreuses cellules PAS positives existent dans les diverses zones du lobe antérieur et du lobe intermédiaire.

En résumé, ces premières recherches montrent qu'une activité sécrétoire existe précocement, au cours du développement embryonnaire, dans les glandes endocrines de cette espèce de Reptile. L'apparition de petits amas de colloïde dans la lumière des cordons thyroïdiens, s'effectue chez l'embryon de 90 mg : en se basant sur les résultats obtenus chez l'embryon de poulet (7) on peut penser que c'est à ce stade que doit s'effectuer la synthèse de la thyroxine. Dans les glandes génitales, des phénomènes de sécrétion ont été décelés dans les cellules épithéliales des tubes testiculaires mais nous n'avons pas trouvé de matériel lipidique intertubulaire. En ce qui concerne l'hypophyse, chez les très jeunes embryons d'Orvet, les images observées après le PAS correspondent à celles décrites chez les jeunes embryons de Rat de 12 à 14 jours (8) et de Poulet de 5 à 7 jours (9) et en partie aux observations effectuées récemment chez *zootoca vivipara* (3). Pour les stades ultérieurs, une étude détaillée de la cytologie hypophysaire sera nécessaire pour préciser les corrélations existant entre l'hypophyse embryonnaire et les autres glandes endocrines.

(1) Avec l'assistance technique de Mlles J. Defoort et M. C. Roberge.

(2) M. R. MILLER, *Anat. Rec.*, 124, 1956, p. 423-424.
(3) G. GRIGNON et M. GRIGNON, *C. R. Soc. Biol.*, 155, 1961, p. 367-370.
(4) H. LUTZ et J. P. DUFAURE, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2456.
(5) A. RAYNAUD, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2416.
(6) A. RAYNAUD, *Bull. Soc. zool. France*, 85, 1960, p. 210-230.
(7) J. B. TRUNNELL et P. WADE, *J. Clin. Endocr. and Metab.*, 15, 1955, p. 107-117.
(8) J. PHILLIPS et B. SCHMIDT, *J. exp. zool.*, 141, 1959, p. 499-517.
(9) J. ARONSSON, *Klungl. Fysiogr. Sällsk. Handl.*, N. F., 63, 1952, p. 1-20.

(*Institut Pasteur, Service d'Embryologie expérimentale, Sannois, Seine-et-Oise.*)

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Induction de cartilage exercée par des greffons épithéliaux otiques à différents stades du développement chez l'embryon de Poulet.* Note (*) de M. **Jean A. A. Benoit**, présentée par M. Robert Courrier.

L'épithélium auditif âgé de 6, 7 ou 8 jours est capable d'induire du cartilage lorsqu'il est implanté dans la région otique mésenchymateuse d'un hôte de 2 jours. Lorsque le greffon épithélial a atteint l'âge de 9 jours, il est devenu inactif à l'égard du mésenchyme.

Certaines observations permettent de penser que l'induction de cartilage par l'oreille membraneuse, à partir du mésenchyme otique, dure plusieurs jours et qu'elle est vraisemblablement graduelle. En effet, le mésenchyme otique reste indifférent lorsqu'on excise la cupule otique vers l'âge de 48 h.

D'autre part le mésenchyme prélevé à 5 jours, est incapable de s'autodifférencier en cartilage quand il est cultivé *in vitro*, selon la méthode de Wolff et Haffen (1951-1952) (1), (2) : il évolue seulement en tissu précartilagineux (Benoit, 1960) (3).

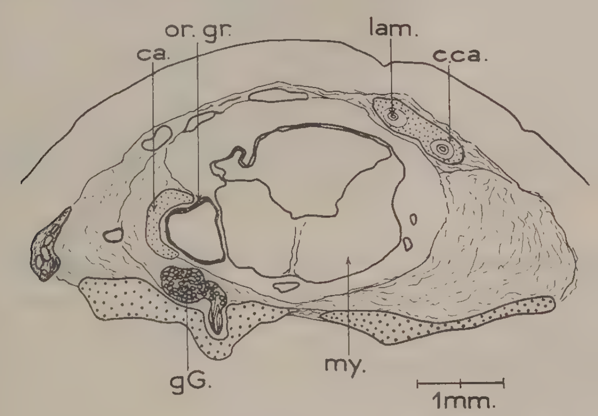


Fig. 1. — Greffe d'épithélium auditif de 6 jours.
Coupe transversale, un peu oblique à droite, vers l'arrière, passant par la région otique antérieure.
ca., cartilage induit; c. ca., capsule cartilagineuse, partie canaliculaire; g. G., ganglion de Gasser; lam., labyrinthe membraneux; my., myélencéphale; or. gr., oreille greffée.

Le but de ces expériences est de rechercher le moment de la disparition de la capacité inductrice de l'oreille épithéliale.

Nous avons utilisé des embryons de la race Leghorn blanche. Les hôtes possédant 18 à 21 paires de somites (stades 13-14 de Hamburger et Hamilton) ont d'abord subi l'excision d'une ébauche otique, l'autre servant de témoin. A sa place nous avons greffé un fragment d'épithélium otique

d'âge variable (6 à 10 jours). Les opérés ont été élevés jusqu'à 9 jours d'incubation. Nous avons étudié 25 cas.

Lorsque l'épithélium auditif est âgé de 6, 7 ou 8 jours au moment de l'implantation, il est capable d'induire une capsule cartilagineuse (17 cas sur 17). La figure 1 illustre un de ces résultats positifs. L'oreille greffée, accolée au myélencéphale, est encadrée latéralement par une plaque de cartilage bien différencié.

Les greffons âgés de 9 ou 10 jours n'ont aucune action sur le mésenchyme otique de l'hôte qui reste indifférent : ils sont devenus inactifs (8 cas sur 8). La figure 2 concerne un de ces résultats négatifs.

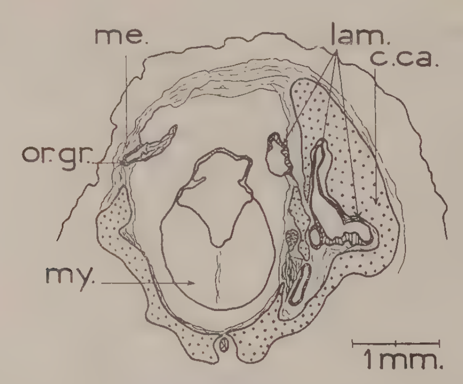


Fig. 2. — Greffe d'épithélium auditif de 10 jours.
Coupe transversale passant par la région otique moyenne.
c. ca., capsule cartilagineuse, partie canaliculaire; lam., labyrinthe membraneux;
me., mésenchyme; my., myélencéphale; or. gr., oreille greffée.

Dans le développement normal la capsule cartilagineuse otique se forme chez les embryons de 6 à 8 jours. Donc l'inducteur épithélial âgé de 8 jours est encore actif, alors que le tissu réacteur mésenchymateux achève sa différenciation en cartilage.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) Wolff et Haffen, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 439.

(2) Wolff et Haffen, *Tex. Rep. Biol. Med.*, 10, 1952, p. 463-472.

(3) J. A. A. Benoit, *Ann. Sc. Nat. Zool.*, II, 2, 1960, p. 323-385.

(*Laboratoire d'Embryologie expérimentale du Collège de France et du C. N. R. S.*)

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Modifications des glandes endocrines et glycorégulation au cours du réveil chez le Lérot* (Eliomys quercinus *L.*) *hibernant.* Note (*) de M. **Hubert Saint Girons**, Mmes **Marie-Charlotte Saint Girons**, **Micheline Martoja**, MM. **René Agid** et **Manfred Gabe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Mise en évidence d'une activation forte et immédiate de la médullo-surrénale, d'une activation cortico-surrénale et d'une activation moins rapide des cellules B du pancréas endocrine; ces modifications des glandes endocrines permettent d'interpréter l'hyperglycémie et la baisse du glycogène hépatique contemporaines du réveil.

Les modifications biochimiques du milieu intérieur des Mammifères hibernants au moment du réveil ont fait l'objet d'un nombre considérable de travaux [*voir* ([1]) et ([2]) pour la bibliographie]. L'hypoglycémie hivernale et l'hyperglycémie du réveil sont classiques ([3]) à ([6]) mais le mécanisme de ces variations de l'équilibre glucidique n'est pas encore élucidé. Par ailleurs, les modifications des glandes endocrines au moment où prend fin l'hibernation sont assez peu connues. Il paraît donc opportun de rapporter les constatations faites, lors d'une étude d'ensemble des glandes endocrines du Lérot (*Eliomys quercinus* L.) au cours du cycle annuel et se rapportant à la structure de la glande surrénale et du pancréas endocrine d'une part, à la glycémie et au taux du glycogène hépatique d'autre part.

Le cortex surrénal des Lérots hibernants est très riche en lipides soudanophiles, localisés surtout dans la zone glomérulaire et dans la moitié externe de la zone fasciculée. L'examen en lumière polarisée montre une grande abondance de lipides biréfringents, donnant la croix noire et correspondant, selon toute probabilité, à des stérides. Une demi heure après le réveil provoqué par un *stimulus* surtout thermique (passage de la température ambiante de 4 ou 10 à 18°C) l'appauvrissement du cortex surrénal en lipides est net; 1 h après, les Lérots étant en pleine activité, la glande est très pauvre en lipides soudanophiles. La diminution des lipides biréfringents est encore plus marquée; on n'en rencontre pour ainsi dire plus dans la glande surrénale des Lérots placés à 18°C depuis 1 h.

Non moindres sont les modifications de structure de la médullo-surrénale. En effet, la réaction phéochrome classique et la méthode de Hillarp et Höckfelt au bichromate-chromate de potassium montrent, chez les Lérots hibernants, une accumulation importante de granulations phéochromes dans toutes les cellules médullo-surrénales. L'intensité de la réaction phéochrome diminue très rapidement au cours du réveil; elle

est très faible une demi-heure après l'élévation de la température ambiante, à un moment où le cortex surrénal contient encore une quantité appréciable de lipides.

Quant au pancréas endocrine, les modifications histologiques concernent surtout les cellules B. Chez les animaux hibernants, les colorations électives des granulations β (hématoxyline chromique, fuchsine-paraldéhyde) montrent des cellules B nombreuses, très riches en granulations; une demi-heure après le réveil, l'identification des cellules B est rendue moins aisée du fait d'une nette diminution du nombre des granulations colorables par les méthodes mentionnées ci-dessus; 1 h après le réveil, la plupart des cellules B sont vidées de leurs granulations, si bien que leur identification nécessite l'examen des préparations avec des combinaisons optiques puissantes.

Les résultats histologiques incitent donc à admettre une forte activation immédiate de la médullo-surrénale, avec mise en circulation, dès le début du réveil, d'une grande quantité de catécholamines sympathomimétiques. L'examen des coupes suggère, par ailleurs, une activation du cortex surrénal, avec diminution nette des lipides soudanophiles et quasi-disparition des lipides biréfringents, qui semble suivre de près l'activation médullo-surrénale. Il y a lieu de rappeler qu'une diminution des lipides soudanophiles au moment du réveil a été constatée chez le Hamster hibernant [7], mais que la corticosurrénale du Spermophile serait, au contraire, pauvre en lipides durant toute l'hibernation, ces composés devenant plus abondants au moment du réveil [8]. Quant au pancréas endocrine, l'activation du parenchyme insulino-sécréteur paraît un peu plus tardive.

Or, la glycémie, très basse (10 à 20 mg/100 ml) chez les animaux hibernants, augmente très rapidement au moment du réveil (70 à 80 mg/100 ml chez les Lérots placés à 18° depuis 1 h). Le taux du glycogène hépatique est, au contraire, élevé chez les Lérots hibernants (800 à 850 mg/100 g à la fin de l'hibernation) et subit une baisse considérable lors du réveil (120 à 130 mg/100 g 1 h après l'élévation de la température ambiante).

Chez les Lérots autopsiés en juin, actifs depuis plusieurs mois, l'intensité du fonctionnement surrénal et pancréatique paraît moindre que chez les animaux en cours de réveil (mars), au moins en ce qui concerne les critères histologiques. De même, la glycémie se situe entre 40 et 50 mg/100 ml, le taux du glycogène hépatique étant très variable.

La concordance chronologique de l'activation médullo-surrénale d'une part, de l'hyperglycémie avec baisse du glycogène hépatique d'autre part incite évidemment à établir un lien de cause à effet entre les deux phénomènes; une concordance du même ordre a été signalée à l'occasion d'une étude du cycle annuel chez *Vipera aspis* (L.) [9]. L'activation cortico-

surrénale, un peu plus tardive, ressemble à celle du syndrome général d'adaptation. L'activation des cellules B du pancréas endocrine, plus tardive encore, pourrait traduire une réaction à l'hyperglycémie déclenchée par l'activation surrénale.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) Ch. Kayser, *The Physiology of natural hibernation*, Pergamon Press, London, 1961.
(2) M. P. Stefanovic, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 36, 1954, p. 1151-1161.
(3) R. Dubois, *Ann. Univ. Lyon*, 25, 1896 [cité d'après Kayser (1)].
(4) P. Suomalainen, *Ann. Acad. Sc. Fenn. Ser. A.*, 45, nº 2, 1935, p. 1-115.
(5) C. P. Lyman et E. M. Leduc, *J. Cell. Comp. Physiol.*, 41, 1953, p. 471-492.
(6) R. Agid et V. Popovic, *J. Physiol., Paris*, 49, 1957, p. 7.
(7) H. W. Deane et C. P. Lyman, *Endocrinology*, 55, 1954, p. 300-315.
(8) W. V. Mayer et S. Bernick, *Trans. Amer. micr. Soc.*, 78, 1959, p. 89-96.
(9) R. Agid, R. Duguy, M. Martoja et H. Saint Girons, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2007.

(*Laboratoire d'Écologie, Muséum National d'Histoire naturelle, Paris,*
Institut de Physiologie, Faculté des Sciences, Toulouse
et *Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés, Faculté des Sciences, Paris.*)

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Détermination quantitative de l'activité allantoïcasique chez la Carpe miroir* (Cyprinus carpio *L.*). Note (*) de Mme **Françoise Vellas**, présentée par M. Maurice Fontaine.

Chez la Carpe miroir, l'activité de l'allantoïcase est déterminée quantitativement par la méthode de G. Durand. Les conditions optimales d'action de l'enzyme sont précisées; parmi les organes étudiés, le foie seul présente une activité allantoïcasique.

Bien que modifiée en 1950 ([2]), la méthode colorimétrique de A. Brunel, pour la caractérisation de l'allantoïcase, ne permet pas une estimation quantitative de l'activité de cette enzyme. Récemment, G. Durand ([3]), ([4]) étudiant la dégradation aérobie de l'acide urique par le sol, a mis au point une technique de dosage des acides glyoxylique et allantoïque en mélange, rendant possible la mesure de cette activité.

Lors d'essais préliminaires, j'ai pu constater, pour certains organes de Téléostéens d'eau douce, un fort pouvoir de dégradation de l'acide glyoxylique en milieu neutre (pH optimal de l'allantoïcase). Je me suis donc

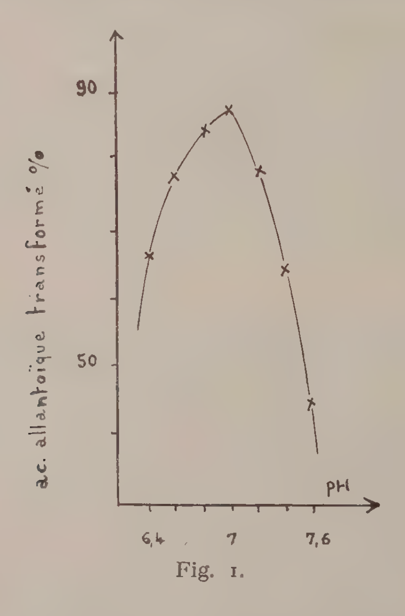


Fig. 1.

proposée, en utilisant la méthode de G. Durand, de préciser les conditions optimales d'action de l'enzyme pour l'espèce considérée, en vue de définir une unité d'activité d'où une valeur allantoïcasique.

L'étude systématique de l'influence des divers facteurs : pH, température, concentration en substrat, a été effectuée sur le foie de Carpe miroir ([1]), déshydraté sous vide, broyé puis délipidé. A pH 7,0 (*fig.* 1) (tampon phosphate-soude) et à 34° (*fig.* 2), la vitesse de la réaction enzyma-

tique est indépendante de la quantité d'acide allantoïque mise en jeu, pour les concentrations égales ou supérieures à M/50 (*fig.* 3); la réaction est linéaire pendant les deux premières heures (*fig.* 4). Le protocole expérimental suivant a donc été retenu : on fait agir pendant 2 h, à 34°, 50 mg de matériel enzymatique sur 5 ml d'une solution d'allantoate de potassium M/50, dans le tampon phosphate-soude de pH 7,0.

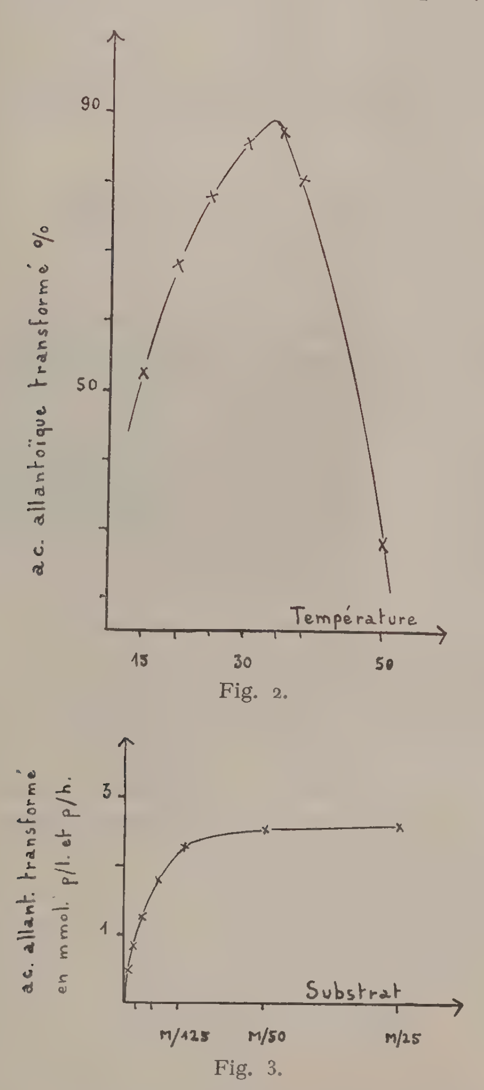


Fig. 2.

Fig. 3.

L'unité d'activité (U. A.) est représentée par la quantité d'enzyme hydrolysant en 1 h, à pH 7,0 et à 34°, 1 mmol (176 mg) d'acide allantoïque, la concentration initiale étant de M/50. La valeur allantoïcasique (V. A.) est définie par le nombre d'unités d'activité contenues dans 1 g de matériel sec.

Les expériences furent réalisées avec des Carpes miroir, gardées en captivité et soumises à un régime déterminé, sur les organes suivants : foie, rein, tube digestif (intestin antérieur, moyen et postérieur), ovaires, testicules, muscle caudal, branchies.

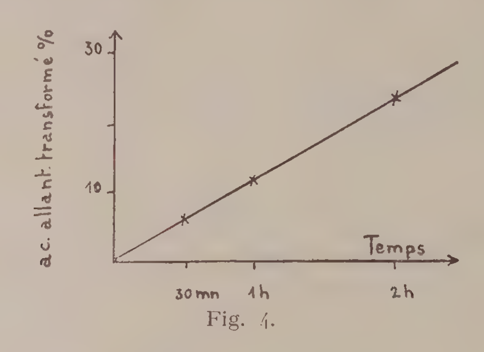


Fig. 4.

Seul le foie manifeste une activité allantoïcasique; les résultats pour quatre lots de Carpes, représentant un total de 16 individus, se sont avérés identiques : (en V. A.) 29,2, 27,8, 25,4 et 28,6.

Conclusion. — Il est possible en utilisant la méthode de G. Durand, de déterminer quantitativement l'activité de l'allantoïcase chez les êtres vivants qui dégradent, en partie, l'acide glyoxylique dès sa formation.

L'application aux organes de la Carpe miroir démontre la présence de cette enzyme uniquement dans le foie.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) A. Brunel, *Bull. Soc. Chim.*, 19, 1937, p. 1027.

(2) G. Brunel-Capelle, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1979.

(3) G. Durand, *Thèse Doct. Spécialité (Physiologie végétale)*, Université de Toulouse, 1961.

(4) G. Durand, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3479.

(*Laboratoire de Biologie animale, S. P. C. N.,*
Faculté des Sciences, 38, *rue des Trente-six-Ponts, Toulouse.*)

ENDOCRINOLOGIE. — *Hormones stéroïdes et biosynthèse des mucopolysaccharides chez le Rat carencé en vitamine A : comparaison* in vitro *des actions de la prégnénolone et de la progestérone.* Note (*) de

MM. **René Grangaud**, **Marc Nicol** et Mlle **Jacqueline Domenech**, présentée par M. Robert Courrier.

L'étude comparative des effets de la prégnénolone et de la progestérone sur la synthèse des mucopolysaccharides par le colon de Rat carencé en vitamine A précise la spécificité d'action de l'hormone progestative, son précurseur physiologique n'exerçant aucune influence significative.

L'exploration des fonctions biochimiques de la vitamine A a récemment révélé et précisé la relation qui existe entre la vitamine et les hormones stéroïdes ([1]), ([2]), ([3]). Il a été en particulier établi que chez le Rat privé de vitamine A, la progestérone peut prévenir ou abolir certains effets de la carence, son précurseur physiologique, la prégnénolone, étant à cet égard dépourvu d'activité ([4]). La vicariance que la progestérone est susceptible de manifester *in vivo* est également décelable *in vitro* ([5]), l'hormone exerçant sur la synthèse des mucopolysaccharides (MPS) par le colon de rat une activation comparable à celle provoquée par la vitamine A elle-même ([6]), ([7]), ([8]). La confrontation de cet ensemble de données soulève donc un problème de spécificité biochimique qui conduit à étudier comparativement les effets de la prégnénolone et ceux de la progestérone sur cette synthèse. Tel a été l'objet des expériences entreprises : leur schéma peut se résumer de la façon suivante : des segments de colon de rat carencé en vitamine A sont immergés dans un milieu d'incubation comportant du sulfate de sodium marqué avec ^{35}S, additionné ou non de prégnénolone ou de progestérone. Les mucopolysaccharides sont isolées par chromatographie sur papier et l'intensité de leur synthèse est déterminée par la mesure de la radioactivité.

Protocoles et résultats expérimentaux. — Dans des conditions rigoureusement identiques à celles des expériences antérieures, des échantillons de colon de rat carencé ([9]) ont été immergés dans un milieu composé de :

— 2 ml de tampon phosphate de Krebs-Ringer 0,01 M à pH 7,3 selon ([6]);

— 0,1 ml d'une solution sans entraîneur de $^{35}SO_4Na_2$ (1 mC/ml);

éventuellement complété avec :

— soit 50 μg de prégnénolone ([10]);

— soit 50 μg de progestérone ([10]);

en dispersion dans 0,1 ml d'un milieu tamponné selon ([6]), le même volume de solution tampon étant ajouté aux échantillons témoins.

L'incubation à 37°C, la séparation et l'isolement chromatographique des mucopolysaccharides ainsi que les mesures de la radioactivité, exprimée en nombre de coups par minute et par milligramme d'organe frais, ont été effectués selon ([5]).

Trois séries d'expériences ont ainsi été exécutées : dans la première (cinq essais) a été explorée l'éventuelle influence de la prégnénolone. Les résultats, consignés au tableau I, montrent que cette influence est nulle, la comparaison avec les témoins ne révélant aucune variation significative de la synthèse des mucopolysaccharides.

TABLEAU I.

Action de la prégnénolone sur la synthèse des MPS.

Expériences nos	Activité en coups par minute par milligramme de tissus frais — sans prégnénolone.	avec prégnénolone.
1	320	305
2	170	160
3	330	430
4	140	130
5	350	340
MOYENNE	262	273

Dans la seconde série (16 essais), les fragments de colon ont été incubés en présence, les uns de prégnénolone, les autres de progestérone. Les chiffres rassemblés au tableau II soulignent la différence de comportement des deux stéroïdes.

TABLEAU II.

Comparaison des activités de la progestérone et de la prégnénolone sur la biosynthèse des MPS.

Expériences nos	Activité en coups par minute par milligramme de tissus frais — avec prégnénolone.	avec progestérone.
1	100	210
2	215	235
3	300	535
4	330	610
5	310	530
6	250	330
7	280	420
8	280	450
9	200	460
10	230	290
11	200	400
12	420	480
13	90	170
14	300	370
15	155	270
16	260	325
MOYENNE	245	380

Enfin, une troisième série d'expériences (six essais) a été conduite en faisant incuber simultanément chaque fois trois échantillons de colon d'un même animal, le premier sans addition de stéroïde, les deux autres en présence, soit de prégnénolone, soit de progestérone.

Les résultats obtenus (tableau III) sont en complet accord avec les précédents.

Tableau III.

Expériences nos	Activité en coups par minute et par milligramme de tissu frais		
	sans prégnénolone ni progestérone.	avec prégnénolone.	avec progestérone.
1	145	130	166
2	92	130	160
3	111	175	290
4	180	170	310
5	290	240	340
6	140	100	240
Moyenne	160	157,5	251

En conclusion, les faits qui viennent d'être rapportés, en confirmant l'action de la progestérone sur la biosynthèse, *in vitro*, des mucopolysaccharides par le colon de rat carencé en vitamine A, précisent, en outre, la spécificité biochimique de cette action, le précurseur physiologique de l'hormone progestative étant dénué d'activité.

(*) Séance du 23 novembre 1961.

(1) R. L. Hays et K. A. Kendall, *J. Nutrit.*, 59, 1956, p. 337.
(2) R. Grangaud et Mme Th. Conquy, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3274.
(3) A. Russel, Van Dyke et G. Wolf, *Fed. Proc.*, 17, 1958, p. 327.
(4) R. Grangaud, Mme Th. Conquy et M. Nicol, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 931.
(5) R. Grangaud et M. Nicol, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 4189.
(6) G. Wolf et P. T. Varandani, *Biochim. Biophys. Acta*, 43, 1960, p. 501.
(7) P. T. Varandani, G. Wolf et B. Connor Johnson, *Biochim. Biophys. Res. Comm.*, 3, no 1, 1960, p. 97.
(8) G. Wolf, P. T. Varandani et B. Connor Johnson, *Biochim. Biophys. Acta*, 46, 1961, p. 59.

(9) Les animaux sont sacrifiés par décapitation. Leur colon, rapidement prélevé, est ouvert sur toute sa longueur et lavé avec du sérum physiologique glacé. Des sections transversales d'environ 5 mm de longueur sont réparties dans des fioles d'incubation : chaque fiole reçoit quatre de ces fragments correspondant aux différentes régions, de façon à réaliser dans chacune un échantillonnage topographiquement homogène.

(10) Prégnénolone et progestérone « purissimes Roussel ».

(*Laboratoire de Chimie biologique,*
Faculté de Médecine et Pharmacie, Alger.)

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Note préliminaire concernant l'influence de régénérats multiples et successifs sur la biologie du crabe* Pachygrapsus marmoratus (*Fabricius*). Note (*) de Mme **Geneviève Vernet-Cornubert**, présentée par M. Louis Fage.

Au début de ce siècle quelques chercheurs avaient noté que la présence de régénérats multiples chez un Crustacé était accompagnée d'une perturbation dans la longueur des intermues. Emmel ([1]) opérant sur des individus jeunes, décelait un allongement des intermues; au contraire les autres expérimentateurs, et en particulier Stockard ([2]), observaient des mues plus nombreuses en travaillant sur des animaux adultes.

Il a été admis depuis lors ([3]) qu'en provoquant une régénération intensive, on entraînait un raccourcissement des intermues chez les Crustacés. Mais depuis 60 ans, nos connaissances sur la mue se sont étendues : l'hormone inhibitrice de la mue, sécrétée par la glande X, et l'hormone de mue engendrée par la glande Y, ont été découvertes; de plus, le rôle de cette dernière dans la régénération a été mis en évidence.

C'est pourquoi nous avons repris ces essais déjà anciens en utilisant comme matériel d'expérience, un crabe dont la biologie nous était connue, *Pachygrapsus marmoratus* ([4]).

Techniques. — Nous avons enlevé les quatre paires de pereiopodes à des femelles prépubères et pubères, laissant uniquement les pinces, ce qui a permis aux animaux de s'alimenter normalement. Ils ont été élevés en eau courante et nourris régulièrement. Le lendemain du jour où ils avaient mué en reconstituant de nouveaux pereiopodes, nous éliminions à nouveau ces appendices; l'ablation des pattes locomotrices a ainsi été pratiquée sept à huit fois et a toujours été suivie de régénération. En même temps des animaux normaux ont été élevés comme témoins.

Conséquences de la présence de régénérats multiples sur le cycle des mues. — Nous avons retrouvé sur *Pachygrapsus marmoratus*, les résultats obtenus par Stockard : les intermues sont raccourcies de façon notable (30 à 40 %) chez les individus qui régénèrent toutes leurs pattes locomotrices. L'obligation de reconstituer plusieurs appendices est certainement la cause de ces mues plus nombreuses car il suffit de ne plus enlever les pereiopodes à un individu qui a été astreint jusqu'alors à les régénérer, pour que les intermues reprennent leur longueur normale.

Il semble que ce soit le stade d'équilibre physiologique défini par Drach ([5]) comme étant le stade C_4, qui subisse une forte diminution. En effet si les pereiopodes ne sont pas enlevés le lendemain de la mue, mais dans les jours suivants, on constate qu'en deçà de 7 jours d'intervalle entre la mue et l'ablation des pattes, l'intermue est aussi courte que dans le cas où cette ectomie a lieu le lendemain de l'exuviation; au-delà de 7 jours d'intervalle l'intermue tend à reprendre sa valeur normale; si l'ablation

des pattes a lieu 25 jours après l'exuviation, l'intermue est aussi longue que chez les animaux normaux.

Conséquences de la présence de régénérats multiples et successifs sur la biologie sexuelle des femelles. — Nous avons constaté que les femelles prépubères ainsi mutilées de leurs pereiopodes à plusieurs reprises, n'effectuaient pas leur mue de puberté alors que les femelles témoins de même taille devenaient pubères à cette époque. De plus les femelles pubères, soumises à cette régénération intensive, n'ont pas pondu alors que les femelles témoins de même taille ont pondu normalement.

Discussion. — Nous arrivons ainsi par multiplication et succession de régénérats, à des effets sur la biologie de ce crabe absolument analogues à ceux que nous avons observés en pratiquant l'épédonculation sur des individus de cette espèce [4].

En effet l'ablation des pédoncules oculaires entraîne une multiplication des mues; le rythme de leur succession est bien plus rapide que dans le cas présent puisque nous avions obtenu des taux de raccourcissement des intermues atteignant 70 % par rapport aux animaux normaux. En outre, nous avions noté chez les femelles épédonculées une perturbation dans l'apparition des caractères de la puberté chez les femelles prépubères, et une absence de pontes (ou des pontes anormales) chez les femelles pubères.

I. Le déterminisme hormonal de la mue est expliqué actuellement de la façon suivante : l'hormone inhibitrice de la mue, sécrétée par la glande X, agit sur la glande Y responsable de l'hormone de mue. Il suffit par suite d'enlever les pédoncules oculaires pour lever l'inhibition et entraîner des mues nombreuses et rapides. L'hormone inhibitrice serait donc peu active pendant les stades juvéniles (les jeunes ont en effet des mues rapprochées); cela expliquerait que l'épédonculation provoque un raccourcissement des intermues relativement faible chez les jeunes (40 %) tandis que cette opération pratiquée sur des animaux plus âgés entraîne un raccourcissement énorme des intermues (70 %).

De plus la régénération est intimement liée au cycle de la mue : l'absence de glande Y entraîne une disparition du pouvoir régénérateur [6]. Cependant, la croissance initiale du régénérat concernant la partie basale de l'organe, est indépendante de l'organe Y [7].

Dans le cas des animaux privés de leurs appendices locomoteurs il semble qu'on puisse expliquer le raccourcissement de leurs intermues de la façon suivante :

Dans une première phase les cellules se multiplient pour former la base de l'organe en reconstitution. Ces cellules provenant des territoires morphogénétiques des appendices, territoires qui ne sont pas encore définis chez les Décapodes [8], sont nombreuses puisque plusieurs appendices sont à reconstituer. Nous pensons actuellement qu'on peut considérer ces cellules comme étant des cellules jeunes capables en quelque sorte de ramener

l'organisme vers un état plus juvénile. Cette influence rajeunissante aurait pour conséquence un cycle d'intermue analogue à celui des stades jeunes : activité moins grande de la glande X, levée prématurée de l'inhibition de la glande Y qui sécréterait alors l'hormone de mue.

La deuxième phase se produit à ce moment : sous l'influence de l'hormone de mue, les régénérats se développent et reconstituent les pereiopodes; la mue s'effectue rapidement.

Cette hypothèse expliquerait le résultat en apparence contradictoire obtenu par Emmel [1] qui, opérant sur des animaux jeunes, trouvait, au contraire, un allongement des intermues; chez ces animaux il ne peut y avoir de retour vers une forme plus juvénile puisqu'ils sont précisément à ce stade, et le traumatisme causé par les ablations multiples pourrait justifier ce ralentissement du cycle des mues.

II. L'influence des régénérats multiples et successifs sur la biologie sexuelle des femelles, met à nouveau en évidence cet antagonisme déjà bien souvent signalé [3], [9], [10] entre le cycle de la mue et celui de la reproduction. En effet, les perturbations observées dans le cycle sexuel des femelles de *Pachygrapsus marmoratus* épédonculées, semblent être causées par l'abondance des mues qui absorbent toutes les réserves [4]. Il est intéressant de noter que nous retrouvons encore une preuve de cet antagonisme, grâce à une expérience totalement différente.

Ces recherches sont actuellement poursuivies.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) V. E. Emmel, 36th *Ann. Rep. Comm. Inland Fish.*, Rhode Island, 1905, p. 258.

(2) C. R. Stockard, *Amer. Naturalist*, 42, 1908, p. 140.

(3) Récemment quelques chercheurs se sont incidemment intéressés à ce problème (D. E. Bliss, 1956 et Carlisle, travaux non publiés, cités dans *The physiology of Crustacea*).

(4) G. Vernet-Cornubert, *Arch. Zool. Exp. gen.*, 96, 1958, p. 101.

(5) P. Drach, *Ann. Inst. Océan.*, 19, 1939, p. 103.

(6) G. Echalier, *Ann. Sc. Nat.*, série 12, Zool., 1959, p. 1.

(7) S. Jyssum et L. M. Passano, *Anat. Rec.*, 128, 1957, p. 571.

(8) L. Nouvel, *Rec. Inst. Zool.*, Torley-Rousseau, Bruxelles, 6, 1937, p. 5.

(9) P. Drach, *C. R. Soc. Biol.*, 149, 1955, p. 2079.

(10) A. G. Bauchau, *Ann. Soc. roy. Zool. Belgique*, 91, 1961, p. 57.

(*Faculté des Sciences de Montpellier* et *Station zoologique de Sète.*)

BIOLOGIE MARINE. — *Existence d'un ordre cyclique d'abondance relative maximale chez les Appendiculaires de surface (Tuniciers pélagiques).* Note (*) de M. **Robert Fenaux**, présentée par M. Louis Fage.

L'analyse de deux années de pêches suivies en surface, ainsi que des observations ultérieures, semblent indiquer l'existence d'un cycle d'abondance relative maximale dans la représentation des cinq espèces principales d'Appendiculaires méditerranéens.

Durant une période s'étalant de novembre 1957 à octobre 1959, des pêches planctoniques horizontales de surface ont été régulièrement pratiquées, à raison de deux à quatre par mois, dans la baie de Villefranche-sur-Mer. Les matériaux récoltés, destinés à être inclus dans une étude sur l'écologie des Appendiculaires, ont déjà donné lieu à une première publication (1959) [1]. Pour étudier les variations saisonnières des différentes espèces, les pourcentages de chacune d'elles, par rapport au nombre total d'Appendiculaires récoltés, ont été calculés pour chaque pêche.

La présente Note a pour but de mettre en évidence un aspect tout à fait particulier de ces variations. Celui-ci apparaît nettement lorsqu'on reporte, sur un même graphique, les courbes de pourcentage des cinq principales espèces rencontrées et qu'on compare uniquement le tracé des maximums.

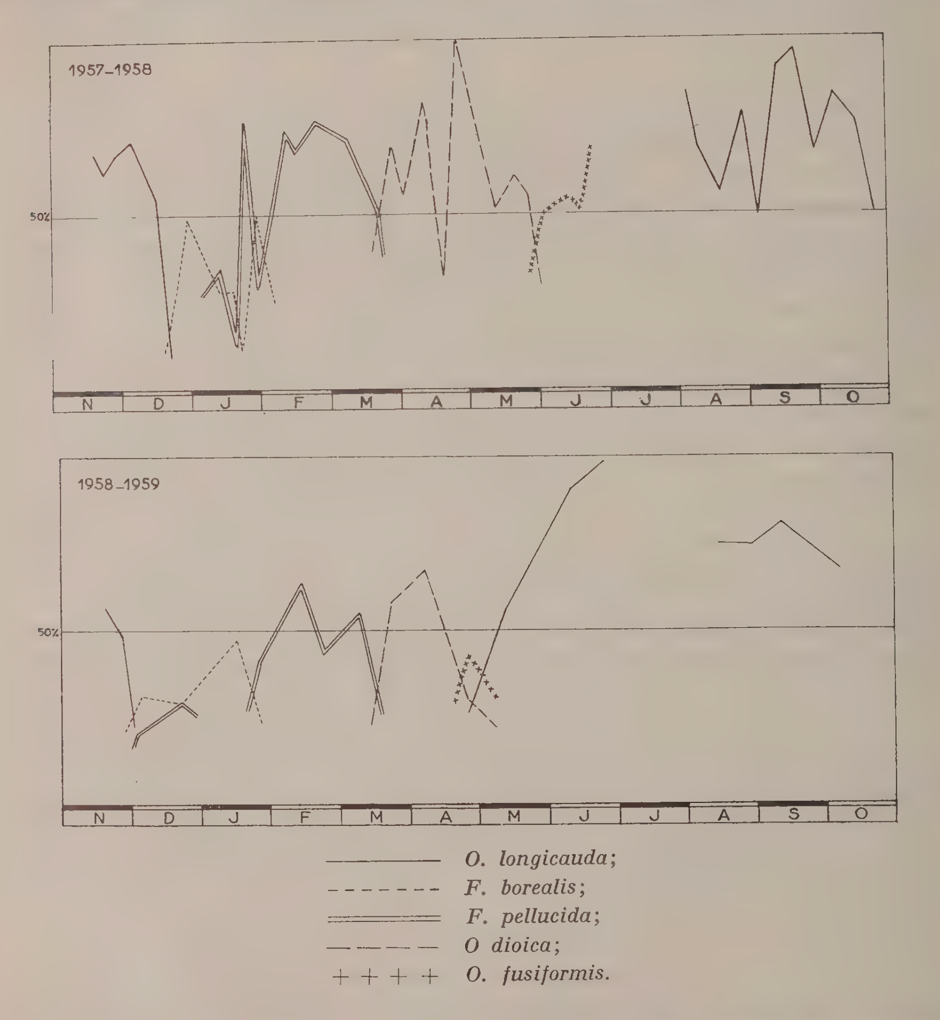
Au début des pêches, en novembre 1957, il y a en premier lieu prédominance nette de *Oikopleura longicauda* jusqu'à mi-décembre, suivie par celle de *Fritillaria borealis.* Il apparaît ensuite un petit maximum de *F. pellucida.* Pendant une période de deux mois et demi, de la mi-janvier à la fin mars, la prédominance de *F. pellucida* est pratiquement absolue, avec cependant, après son premier sommet, une seconde pointe de *F. borealis.*

Par la suite, on trouve une prépondérance de *O. dioica* qui s'étend sur la fin mars et les mois d'avril et mai. En juin, c'est *O. fusiformis* qui domine. A la reprise des pêches, au mois d'août, le maximum est à nouveau constitué par *O. longicauda* et ce, jusqu'en novembre. On relève donc la succession suivante : *O. longicauda*, *F. borealis* et *F. pellucida*, *O. dioica*, *O. fusiformis* et à nouveau *O. longicauda.*

En 1958-1959, *O. longicauda* termine sa période maximale dès la fin novembre. La prépondérance de *F. borealis* s'étend ensuite jusqu'à la fin janvier, en formant deux pointes entre lesquelles vient s'intercaler un sommet de *F. pellucida.* A partir de février, *F. pellucida* est prédominante pendant une période d'environ deux mois. Par la suite *O. dioica* et surtout *O. fusiformis* domineront, mais bien moins longuement : le premier pendant un mois, le second pendant moins de quinze jours. La prédominance de *O. longicauda* réapparaît dès le mois de mai et se poursuit jusqu'à la fin des pêches, en octobre.

Bien que les maximums de la seconde année montrent, par rapport à ceux de la première, un certain décalage dans le temps ainsi que des variations assez nettes d'amplitude, il y a répétition rigoureuse de l'ordre dans lequel les différentes espèces ont été prédominantes.

Des pêches effectuées depuis, de façon moins suivie, ont également continué à donner, après une période maximale d'une certaine espèce, une période maximale de l'espèce qui suit sur les courbes présentées. Ainsi,



en 1961, après une pointe de *O. dioica* allant de fin mars à mi-avril, on retrouve les prépondérances successives de *O. fusiformis* et de *O. longicauda*, respectivement, de la mi-avril à la fin mai, et durant le mois de juin.

L'un des résultats de cette étude sur l'écologie des Appendiculaires de surface semble donc faire ressortir l'existence d'un cycle d'abondance relative maximale dans la représentation des différentes espèces.

Ce phénomène qu'on retrouve à une échelle différente chez les Diatomées, est d'une interprétation particulièrement délicate. Le travail actuellement en cours sur le cycle sexuel de certaines espèces, ainsi que sur les influences que peuvent avoir, quant à leur abondance, les différents caractères physico-chimiques du milieu et les phénomènes météorologiques, permettra peut-être d'apporter des éclaircissements sur ces observations.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) R. Fenaux, *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° 1141, 1959.

(*Station Zoologique de Villefranche-sur-Mer.*)

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE BIOLOGIQUE. — *Essais de cytochimie ultrastructurale. Sur la mise en évidence du glycogène dans les thrombocytes humains normaux et pathologiques* (¹). Note (*) de MM. **Gaspare Jean** et **Alain Gautier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'application de diverses techniques récentes de cytochimie ultrastructurale a permis d'étudier la répartition du glycogène dans les thrombocytes humains. Des observations statistiques montrent que cette répartition est remarquablement constante chez le sujet normal, alors qu'elle présente de notables variations dans certains cas pathologiques.

Les thrombocytes humains ne se prêtent que difficilement à l'analyse biochimique ou histochimique. Les faibles dimensions de ces éléments et les difficultés que présente leur isolement n'ont pas encore permis de résoudre certains problèmes de leur constitution chimique. Se fondant sur les résultats de réactions histochimiques, la plupart des auteurs admettent l'existence de glycogène thrombocytaire (²). Nous avons appliqué à ce problème les techniques récentes de la cytochimie ultrastructurale qui permettent de déceler au microscope électronique certaines molécules organiques par l'adjonction de « contrastant ».

Nous avons isolé et préparé le matériel selon la méthode de Feissly et coll. (³); dans une série parallèle, nous avons remplacé la fixation à l'acide osmique-complexon III par une fixation au formol-complexon III, suivie d'une surfixation osmique. Le polyester Vestopal W a servi de matière d'inclusion. Les coupes fines ont été « contrastées » selon l'une ou l'autre des techniques suivantes : par le *nitrate d'argent* alcalinisé au borax, selon Marinozzi et Gautier (⁴) (*fig.* 1), par la même solution, suivie d'un traitement à l'*hyposulfite de soude* (⁴) (*fig.* 2), par le *permanganate de potasse* selon Drochmanns (⁵) (*fig.* 3), ou enfin, par l'*acétate de plomb* alcalinisé selon Marinozzi (⁶) pour les préparations ayant subi la *double fixation formol-osmium* (*fig.* 4).

Pour l'analyse systématique des micrographies, on note dans chaque cas, sur une centaine de coupes de thrombocytes, les éléments qui ne présentent aucun amas de « contrastant » (0), des amas petits et rares (+), petits et fréquents (++), enfin des amas importants (+++) (*fig.* 5). Pour chaque préparation, la répartition des éléments selon ces quatre groupes, est indiquée en pour-cent des éléments étudiés.

Les micrographies des planches II, III et IV correspondent à des préparations traitées par l'imprégnation à l'argent.

Les flèches indiquent les principaux « *amas de contrastant* ».

Abréviations : L, leucocyte; E, érythrocyte.

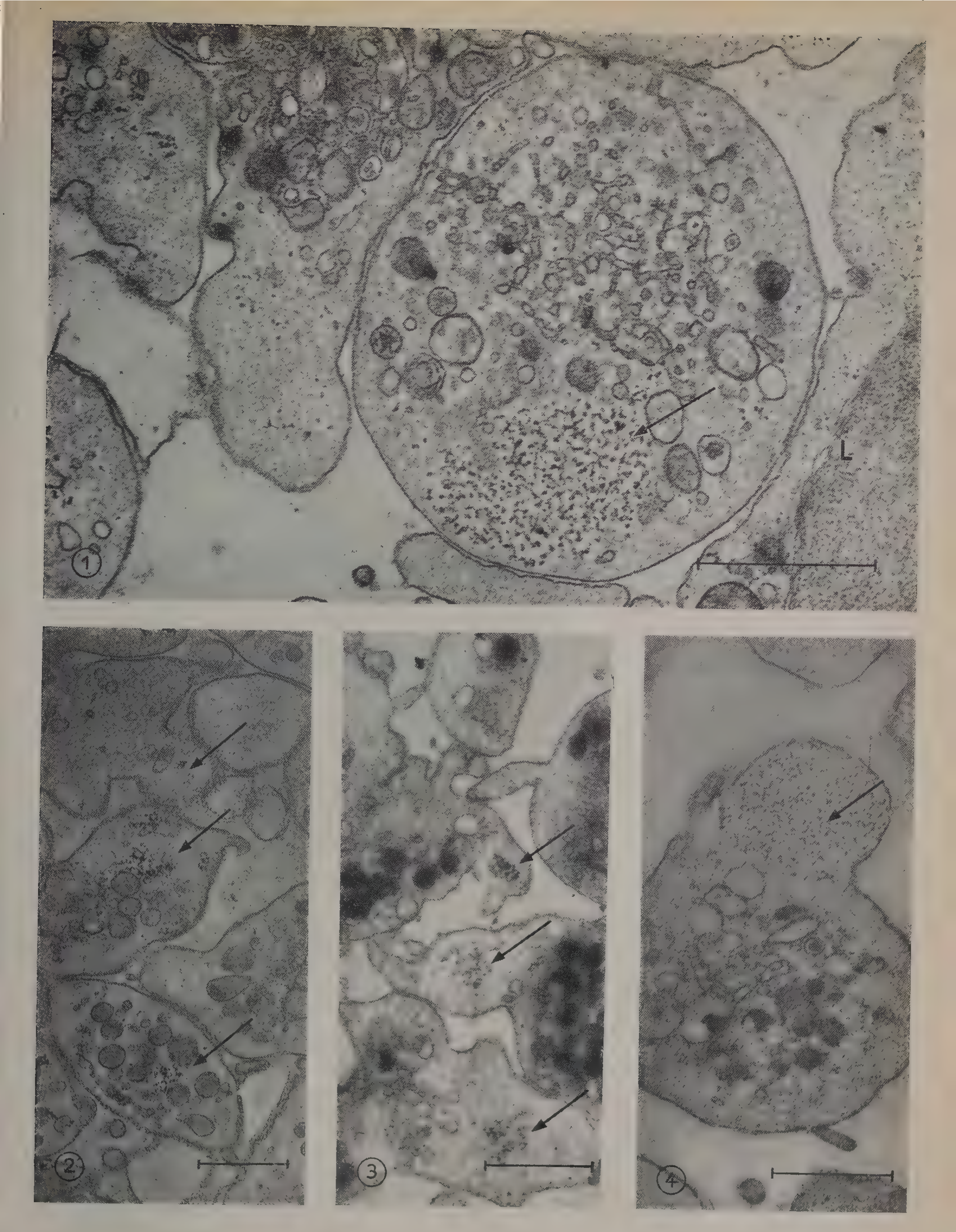


Planche I. — Mise en évidence du glycogène.

Fig. 1 : Par l'imprégnation à l'argent (sang humain normal, sujet I).
Fig. 2 : Par l'imprégnation à l'argent suivie d'un traitement à l'hyposulfite de soude (thromboasthénie, cas XI).
Fig. 3 : Par le permanganate de potasse (thrombocytose essentielle, cas V).
Fig. 4 : Par l'acétate de plomb après double fixation (sang humain normal, sujet III).

PLANCHE II. — Étude systématique de la répartition du glycogène.

Fig. 5 : Exemple d'analyse systématique d'une micrographie (*cf.* texte) (anomalie plaquettaire, cas IV).

Fig. 6 : Répartition du glycogène dans les thrombocytes de trois sujets normaux (moyenne sur 500 éléments) et de huit patients.

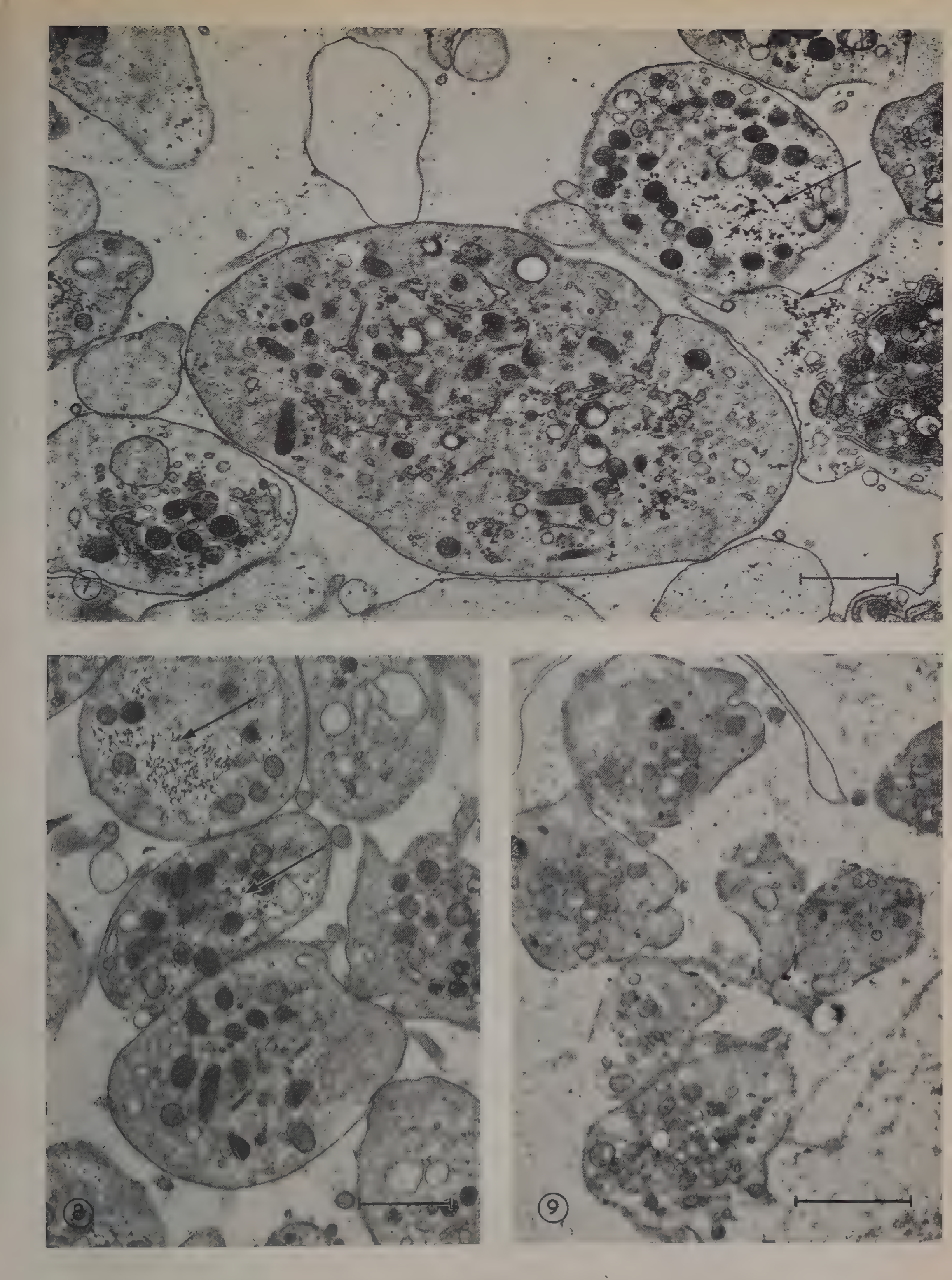


PLANCHE III. — Anomalie plaquettaire et thrombocythémies.

Fig. 7 : Anomalie plaquettaire (cas IV).
Fig. 8 : Thrombocytose essentielle (cas VI).
Fig. 9 : Thrombocythémie maligne (leucémie mégacaryocytaire) (cas VII)).

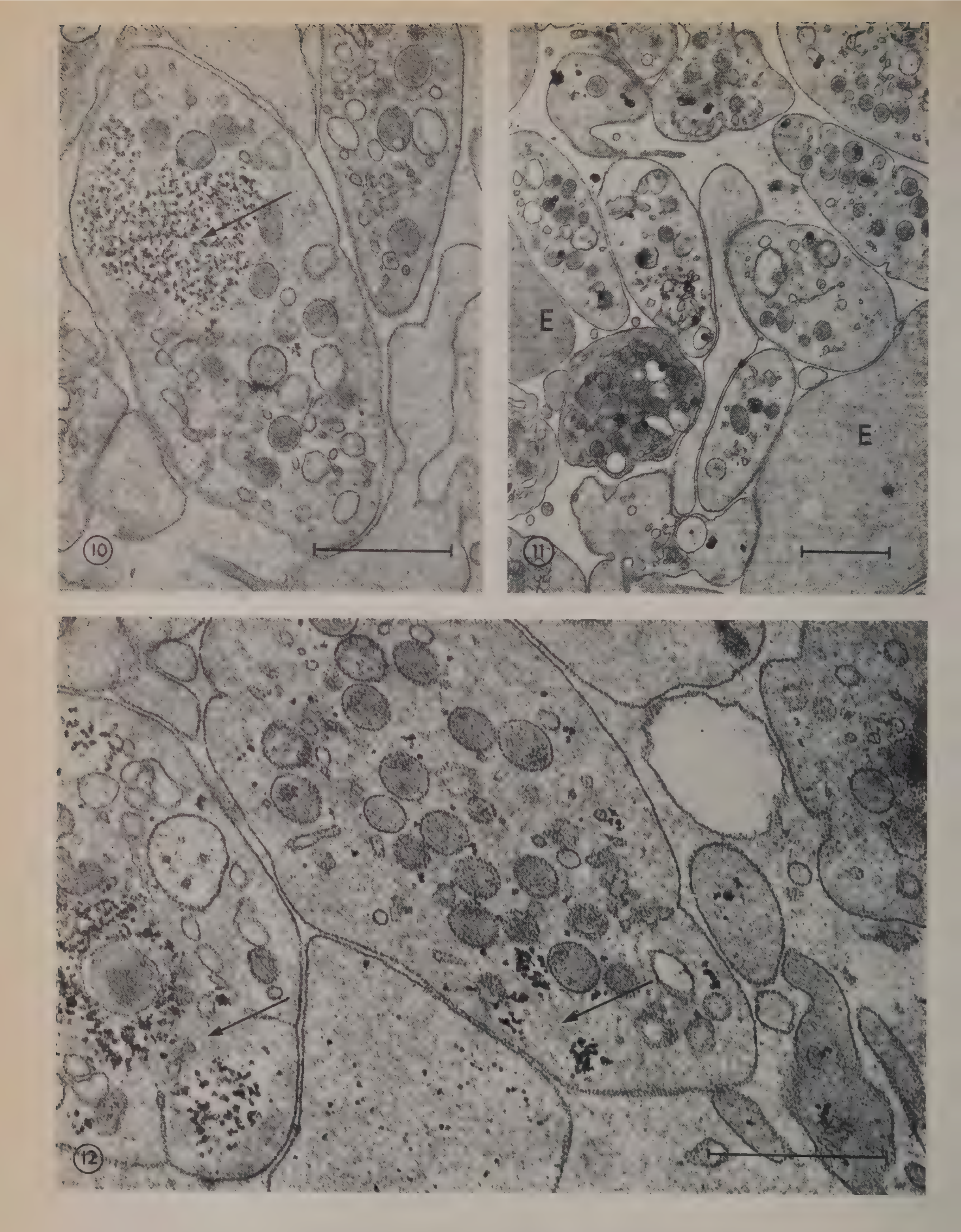


Planche IV. — Thrombopathies congénitales.

Fig. 10 : Pseudohémophile (syndrome de Willebrand-Jürgens) (cas VIII).
Fig. 11 : Thromboasthénie de Glandzmann-Naegeli (cas X).
Fig. 12 : Thromboasthénie de Glanzmann-Naegeli (cas XII).

Le glycogène n'est peut-être pas le seul composant à être spécifiquement « contrasté » par l'imprégnation à l'argent, et par les surcolorations au permanganate ou à l'acétate de plomb; cependant, la comparaison de nos observations avec celles d'autres chercheurs [4], [5], [6], nous permet d'identifier, dans les thrombocytes, la distribution des *amas de « contrastant »* avec celle du *glycogène*. Il est frappant, d'autre part, de constater que l'analyse systématique de la répartition des amas de « contrastant » obtenus par chacune de ces techniques, fournit des résultats presque identiques comme le montre le tableau suivant :

Sang humain normal.	Procédé utilisé.	Amas de « contrastant »			
		0	+	++	+++
Sujet I.........	Imprégnation à l'argent	55 %	20 %	21 %	4 %
» II........	Coloration au permanganate	57	22	18	3
» III.......	Coloration à l'acétate de plomb (après double fixation)	54	23	20	3

Enfin, dans le cas de l'imprégnation à l'argent, le traitement ultérieur des coupes par l'hyposulfite de soude ne change pas l'aspect des amas de « contrastant » (*fig.* 4) : il s'agit donc bien d'un dépôt d'argent métallique semblable à celui que Marinozzi et Gautier [4] ont montré par la même technique, dans la cellule hépatique riche en glycogène (*cf.* leur *fig.* 6 *a*).

L'aspect submicroscopique des amas de « contrastant » varie selon la technique employée; ceci peut être dû à la dimension des particules du produit final de la réaction, comme aux diverses modalités de leurs liaisons avec les molécules organiques. La distribution de ces amas à l'intérieur des plaquettes est très irrégulière : ils sont parfois localisés dans le granulomère, plus souvent cependant dispersés dans le hyalomère. Nous n'avons pu trouver aucune liaison topographique constante entre ces amas et les constituants du granulomère; dans la plupart des tissus étudiés jusqu'ici, d'ailleurs, la cytochimie ultrastructurale n'a pu mettre en évidence des liaisons entre glycogène et organites cytoplasmiques. Les résultats de l'analyse systématique de la répartition du glycogène chez trois sujets adultes *normaux* frappent par leur régularité (*voir* le tableau ci-dessus). Il n'en est pas de même de la répartition du glycogène dans les thrombocytes des patients atteints de *diathèses hémorragipares* ou de *troubles de la thrombocytogenèse*. Nous devons à R. Marx [7] et L. Bussi [8] d'avoir eu la possibilité d'appliquer ces techniques à l'étude des thrombocytes de huit patients [9]. Si nous n'avons pas observé de différences essentielles entre l'aspect des « amas de contrastant » chez le sujet malade et le sujet sain, l'analyse systématique des micrographies nous a montré que leur répartition variait dans des proportions significatives. La figure 6 illustre les résultats de cette analyse et nous suggère les remarques suivantes.

Anomalie plaquettaire. — Le cas IV présente un taux important de plaquettes géantes sans manifestations cliniques. Étudiant séparément les

plaquettes de dimensions moyennes d'une part et les thrombocytes géants de l'autre, nous avons observé que les premières contenaient autant de glycogène que celles du sujet sain, alors que les seconds en étaient absolument dépourvus. Bianchini et Bertelli ([10]) ont démontré d'ailleurs la faible teneur en glycogène des plaquettes géantes d'un cas semblable, tirant profit de la taille de ces éléments pour leur appliquer les techniques de l'histochimie classique.

Thrombocythémies. — Deux thrombocytoses essentielles ne montrent qu'une faible diminution de la teneur en glycogène (cas V et VI, *fig.* 3 et 8). La chute par contre est brutale dans le cas VII, où l'affection est nettement de type leucémique et le prélèvement effectué lors d'une phase aiguë de la maladie. Cette première observation d'une différence du taux de glycogène entre thrombocythémies bénignes et malignes nous semble devoir être retenue. Rappelons à ce sujet la chute du taux du glycogène observée dans les leucocytes de certains cas de leucémie myéloïde.

Thrombopathies congénitales. — Le cas VIII (syndrome de Willebrand-Jürgens) présente un taux de glycogène normal (*fig.* 10). Par contre, ce taux varie notablement chez les quatre membres d'une même famille atteints d'une thromboasthénie de Glanzmann-Naegeli ([11]). Il est normal chez le père (cas IX), nettement diminué chez le fils (cas X, *fig.* 11) et augmenté chez les deux filles (cas XI et XII, *fig.* 2 et 12). Les cas IX et X ne présentant, il est vrai, qu'une symptomatologie peu accusée, contrairement aux cas XI et XII. Il nous est cependant difficile de donner une interprétation à ces variations, car l'analyse enzymatique des thrombocytes de ces quatre patients n'indique pas de trouble de la glycolyse, ainsi que l'a observé Gross ([12]).

La cytochimie ultrastructurale a donc confirmé la présence du glycogène dans les thrombocytes humains, montré que chez le sujet sain sa répartition est très constante et permis d'étudier les variations de cette répartition dans certaines thrombopathies, ce qui est impossible à l'échelle du microscope à lumière.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

([1]) Travail effectué avec l'appui du Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique.

([2]) B. MAUPIN, *Hémostase* (Paris), 1, 1961, p. 29-54.

([3]) R. FEISSLY, A. GAUTIER et I. MARCOVICI, *Rev. Hématol.*, 12, 1957, p. 397-403.

([4]) V. MARINOZZI et A. GAUTIER, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1180.

([5]) P. DROCHMANNS, *J. biophys. biochem. Cytol.*, 8, 1960, p. 553-558.

([6]) V. MARINOZZI, Communication personnelle.

([7]) De la Clinique Médicale Universitaire de Munich (Dir. Prof. H. Schwiegk).

([8]) De la Clinique Médicale Universitaire de Milan (Dir. Prof. L. Villa).

([9]) G. JEAN, *Experientia* (Bâle), 17, 1961, p. 428-429.

([10]) E. BIANCHINI et G. BERTELLI, *Quaderni della Coagulazione*, 2, 1953, p. 29-38.

([11]) R. MARX et G. KÖPPEL, *Sangre* (Barcelone), 2, 1957, p. 142-174.

([12]) L. GROSS, Communication personnelle.

(*Centre de Microscopie électronique de l'Université de Lausanne.*)

BIOCHIMIE THÉORIQUE. — *Calcul par la méthode du champ moléculaire self-consistant de la structure électronique des bases puriques et pyrimidiques fondamentales.* Note (*) de MM. **Alain Veillard** et **Bernard Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

La méthode du champ moléculaire self-consistant dans l'approximation de Pariser et Parr [1] a été utilisée pour l'étude de la structure électronique des bases puriques et pyrimidiques fondamentales : purine, adénine, guanine, 2.6-diaminopurine, pyrimidine, uracil et cytosine.

Les intégrales de cœur ont été calculées d'après les données de la spectroscopie atomique [2]. Nous avons pris :

pour le carbone $(C, \chi_{Cz}\chi_{Cz}) = -11{,}54$ eV;
pour l'oxygène du type carbonyle $(O, \chi_{Oz}\chi_{Oz}) = -17{,}21$ eV;
pour l'azote du type pyrrole $(N, \chi_{Nz}\chi_{Nz}) = -11{,}95$ eV $-$ (NN, NN);
pour l'azote du type pyridine $(N, \chi_{Nz}\chi_{Nz}) = -14{,}15$ eV dans les cycles hexagonaux (l'angle $\widehat{CNC}$ ayant été pris égal à 117°), et $(N, \chi_{Nz}\chi_{Nz}) = -14{,}01$ eV dans les cycles pentagonaux ($\widehat{CNC} = 102°$).

Les valeurs prises pour les intégrales coulombiennes monocentriques sont celles utilisées dans la référence [3] :

$$(CC, CC) = 10{,}96 \text{ eV}, \qquad (NN, NN) = 12{,}27 \text{ eV}, \qquad (OO, OO) = 14{,}69 \text{ eV}.$$

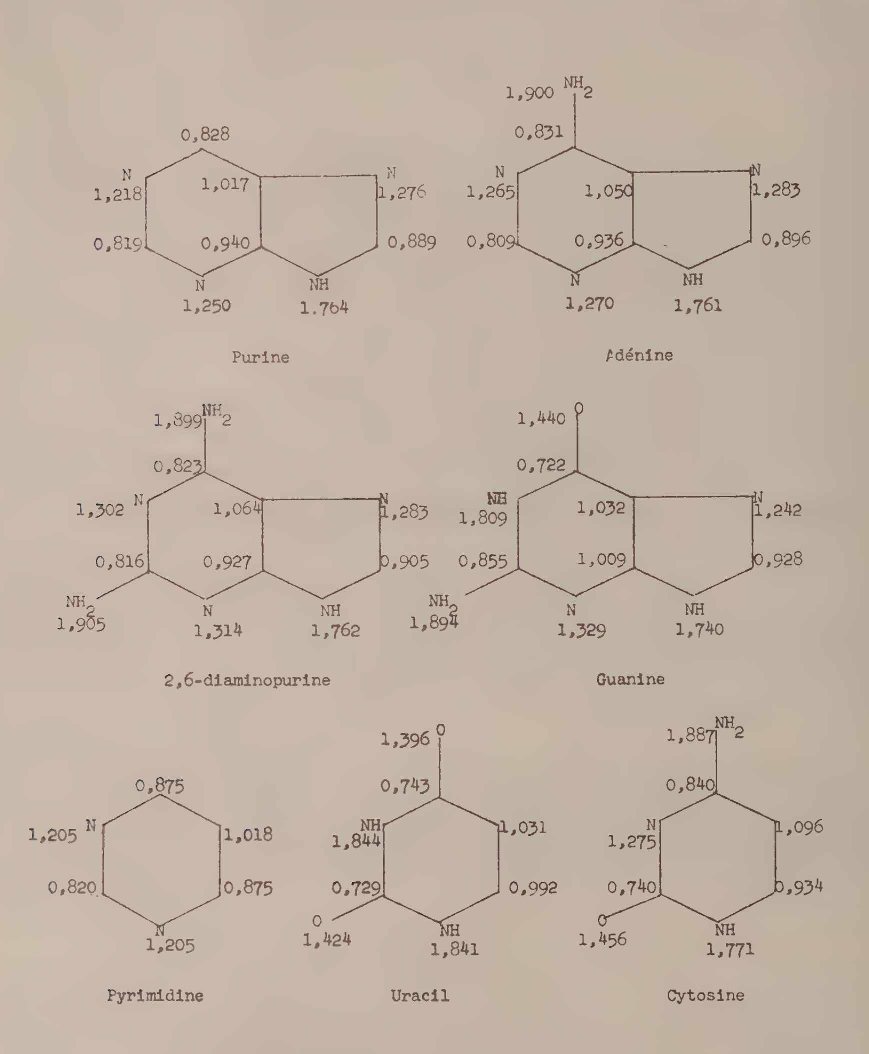
Les intégrales coulombiennes entre atomes non adjacents ont été calculées à partir des orbitales de Slater; celles entre atomes adjacents ont été évaluées par interpolation entre les valeurs précédentes et celle correspondant à l'intégrale monocentrique.

TABLEAU I.

	N_1.	N_3.	N_7 (non corrigé).
Purine	−1,21	−1,11	−1,12
Adénine	−1,47	−1,43	−1,22
2.6-diaminopurine	−1,66	−1,69	−1,39
Guanine	–	−0,83	−1,53
Pyrimidine	−0,95	−0,95	–
Cytosine	–	−1,36	–

Les intégrales de squelette β_{pq} sont déduites, compte tenu de la distance *pq*, des données de Pariser et Parr [1] pour les liaisons C-C et C-N (type pyridine) et des calculs de M. Suard *et al.* relatifs au groupement peptique [4] pour les liaisons C = O et C — N (type pyrrole).

Nous nous bornons à présenter ici la distribution des charges électriques dans les sept molécules précitées, cette distribution étant d'une importance particulière pour nos recherches sur la relation entre la structure électronique et l'activité antitumorale de ces substances (5).



Distribution des charges électriques.

Il est frappant de constater *que les charges formelles obtenues par ce procédé self-consistant sont du même ordre de grandeur que les charges formelles obtenues précédemment par A. Pullman et B. Pullman* (6) *à l'aide de la méthode L. C. A. O. dans l'approximation de Huckel et, aussi, que leurs valeurs relatives sur les différents atomes des molécules étudiées sont, dans l'ensemble, analogues dans les deux méthodes.*

Nous avons également évalué (voir tableau I) les quantités $\sum_p Q_p(\text{NN}, pp)$ de la relation Nakajima-Pullman ([3]) dont les valeurs permettent de prévoir la basicité des atomes. En accord également avec les résultats de la méthode des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques, les calculs prévoient que l'azote le plus basique de l'adénine doit être N_1 et celui de la guanine probablement N_7.

$$\sum_p Q_p(\text{NN}, pp).$$

Une description et une discussion plus détaillées de l'ensemble de nos résultats seront publiées séparément ([7]).

(*) Séance du 6 novembre 1961.

([1]) R. Pariser et R. G. Parr, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 466 et 767.
([2]) H. A. Skinner et H. O. Pritchard, *Trans. Far. Soc.*, 49, 1953, p. 1254.
([3]) T. Nakajima et B. Pullman, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1958, p. 1502.
([4]) M. Suard, G. Berthier et B. Pullman, *Biochim. Biophys. Acta*, 52, 1961, p. 254.
([5]) B. Pullman et A. Pullman, *Rev. Mod. Phys.*, 32, 1960, p. 428.
([6]) A. Pullman et B. Pullman, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1958, p. 766.

([7]) Ce travail a été effectué en exécution de la convention de Recherche n° 61-FR-134 de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Une nouvelle méthode de dosage des acides aminés.* Note de MM. **Thadée Staron, Claude Allard** et Mlle **Marie-Madeleine Chambre**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Une nouvelle méthode de dosage des acides aminés après séparation sur résines selon Stein et Moore est décrite.

Le dosage des acides aminés est basé sur la réaction colorée que donnent ces composés avec la ninhydrine. De nombreuses méthodes basées sur cette réaction sont actuellement utilisées (1) à (4) : toutes possèdent une valeur quantitative certaine mais leur sensibilité n'est pas toujours très grande; elles sont généralement influencées par les impuretés se trouvant dans les fractions à doser, et, d'après leurs auteurs, elles sont très sujettes aux contaminations par l'ammoniaque. En outre, les pentes des droites obtenues sont très variables d'un essai à l'autre et les rendements en coloration ne sont pas les mêmes pour tous les acides aminés, ce qui oblige à appliquer des coefficients ou à faire de nombreux témoins internes.

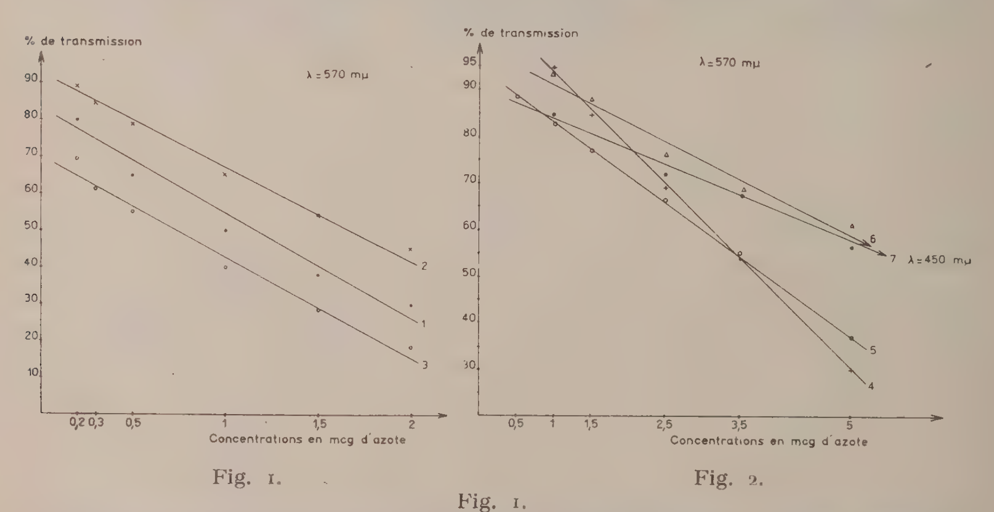


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1.

1, glycocolle, alanine, sérine, cystine, thréonine, valine, méthionine, leucine, isoleucine, acide aspartique, acide glutamique, glutamine, acide α-aminobutyrique; 2, tryptophane, histidine; 3, tyrosine.

Fig. 2.

4, acide γ-aminobutyrique, asparagine; 5, cystéine, lysine; 6, arginine; 7, proline, hydroxyproline.

Nous avons mis au point une méthode de dosage qui ne présente pas la plupart des inconvénients ci-dessus et qui reste parfaitement adaptée pour doser les acides aminés après séparation sur résines selon Stein et Moore (5) ou élution après chromatographie de partage.

Notre méthode présente deux variantes qui permettent de doser tous les acides aminés ainsi que les iminoacides. Les limites du dosage varient entre 0,2 et 3 mcg d'azote.

Principe de la méthode :

La désamination oxydante des acides aminés est réalisée à chaud par la ninhydrine en tampon citrate et en présence de *m*-crésol et de cyanure de potassium.

Réactifs :

— solution de ninhydrine à 5 % dans l'alcool absolu à laquelle on ajoute 3 % d'acide acétique glacial;

— *m*-crésol bidistillé;

— cyanure de potassium à 0,15 ‰ dans l'eau bidistillée (cette solution s'altère et doit être renouvelée toutes les 3 h);

— tampon citrate pH 5,1 (peser 21,008 g d'acide citrique, dissoudre dans 200 ml d'eau bidistillée, ajouter 215 ml de NaOH N et amener à 500 ml avec de l'eau bidistillée);

— tampon phosphate 0,067 M pH 7,2;

— éthanol à 95°.

Matériel :

— tubes à essai en pyrex de 18 × 180 mm;

— pipettes de précision de 1 et 5 ml;

— micropipette de 0,1 ml;

— bain-marie réglé à 98°C;

— photocolorimètre.

Les tubes à essai utilisés doivent être parfaitement propres : ils seront plongés pendant quelques heures dans une solution sulfochromique, rincés, goupillonnés avec une solution acide (KH_2PO_4, 30 g; HCl conc., 45 ml; eau, 1 l) puis rincés encore deux fois à l'eau distillée et séchés.

Méthode. — *Variante A :* Permet le dosage de tous les acides aminés, sauf la cystéine, la lysine, l'arginine, l'acide γ-aminobutyrique, l'asparagine et les iminoacides.

A 0,5 ml d'une solution d'acide aminé contenant entre 0,2 et 2 mcg d'azote, on ajoute dans l'ordre, en agitant après chaque réactif, 1 ml de tampon citrate, 0,2 ml de *m*-crésol, 0,05 ml de KCN et 0,3 ml de la solution de ninhydrine, puis on porte très exactement 4 mn au bain-marie, enfin sans refroidir on ajoute 1 ml d'éthanol et l'on agite encore. La lecture est réalisée au photocolorimètre à 570 mμ.

Signalons qu'il y aura lieu de faire deux à trois blancs car ceux-ci sont toujours colorés et présentent des variations de coloration quelquefois assez importantes. Le blanc le moins coloré sera retenu.

Variante B : Pour doser la cystéine, la lysine, l'arginine, l'acide γ-aminobutyrique, l'asparagine et les iminoacides (proline et hydroxyproline).

A 0,1 ml d'une solution d'acide aminé contenant entre 0,5 et 5 mcg d'azote on ajoute en agitant après chaque réactif 0,1 ml de tampon citrate, 0,2 ml de *m*-crésol, 0,1 ml de la solution de ninhydrine; on porte 5 mn au bain-marie puis on ajoute sans refroidir 1,5 ml d'éthanol à 95° et 0,5 ml de tampon phosphate.

Dans le cas de l'arginine, de l'asparagine et de l'acide γ-aminobutyrique on laissera reposer 5 mn à la température du laboratoire avant d'ajouter l'éthanol et le tampon phosphate. La couleur obtenue est lue au photocolorimètre à 450 mμ, pour les iminoacides et à 570 mμ pour les autres acides aminés.

Discussion et conclusions. — Contrairement à ce que de nombreux auteurs ont pensé, le dosage des acides aminés par la ninhydrine semble beaucoup moins perturbé par l'oxygène ou l'ammoniaque que par les agents réducteurs utilisés pour sensibiliser les méthodes. En effet, le développement de la coloration se fera au hasard et avec des rendements très variables d'un essai à l'autre si les réducteurs utilisés n'offrent pas à la réaction le potentiel requis. Dans les conditions sus-citées aucun des réducteurs précédemment utilisés ($SnCl_2$, $CdCl_2$, $FeSO_4$, acide ascorbique) ne nous a donné satisfaction; seul le KCN déjà utilisé dans la pyridine par Troll et Cannan ([3]), permet l'obtention de résultats très reproductibles; dans certains cas (variante B) il sera néanmoins à proscrire.

Quoi qu'il en soit, la méthode que nous proposons est simple, très sensible et fidèle; elle n'est pas influencée par l'ammoniaque atmosphérique et tolère 50 % d'impuretés dans les échantillons à doser. Les droites obtenues ont toujours la même pente et le pourcentage des essais aberrants est extrêmement faible. Les rendements en coloration varient assez peu avec les acides aminés et lorsque la réaction est terminée la couleur obtenue est stable pendant plusieurs heures à la température du laboratoire et à la lumière : les dosages de grandes séries sont donc réalisés sans difficultés.

Avec la méthode de dosage des acides aminés sur le papier ([6]) nous utilisons cette technique depuis plusieurs mois et nous pensons que nos résultats seront confirmés sans difficultés par d'autres laboratoires.

([1]) S. Moore et W. H. Stein, *J. Biol. Chem.*, 211, 1954, p. 907.
([2]) A. M. Smith et A. H. Agiza, *The Analyst*, 76, 1951, p. 623.
([3]) W. Troll et R. K. Cannan, *J. Biol. Chem.*, 200, 1953, p. 803.
([4]) R. E. Neumaman et M. A. Logan, *J. Biol. Chem.*, 184, 1950, p. 299.
([5]) S. Moore et W. H. Stein, *J. Biol. Chem.*, 211, 1954, p. 893.
([6]) T. Staron, Cl. Allard et M. M. Chambre, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1630.

(*Service de Biochimie de la Station Centrale de Pathologie végétale I. N. R. A. Versailles*).

VIROLOGIE. — *Examen au microscope électronique des cellules de rein de Cercopithèque infectées* in vitro *par le virus* SV 40. Note de M. **Paul Tournier**, Mme **Nicole Granboulan** et M. **Wilhelm Bernhard**, présentée par M. Robert Courrier.

Le virus SV 40, agent latent souvent retrouvé dans les cultures de rein de *Macacus Rhesus*, a été étudié dans les cultures de rein de Cercopithèque. Il apparaît avec une extrême abondance dans le noyau, parfois groupé en amas cristallins. La particule virale, sphérique, présente une taille homogène d'un diamètre de 33 mμ, et semble dépourvue de membrane.

Le virus SV 40 (virus simien n° 40) a été décrit par Sweet et Hilleman [1]. C'est un virus latent, fréquent dans les cultures de reins de macaques, différent des 39 virus simiens jusqu'alors décrits par le fait qu'il ne manifeste aucun effet cytopathogène, sauf s'il est cultivé sur cellules de rein de *Cercopithecus æthiops sabæus*.

Des cultures de rein de cette espèce simienne ont été infectées par le virus SV 40 [2]. Elles étaient maintenues en milieu au lactalbumine de Melnick avec 1 % de sérum de veau. Dans la première série d'expériences, les boîtes furent inoculées avec 1 ml d'une dilution de virus contenant environ 10^3 doses infectieuses 50 % (DI 50 %), et fixées à partir du 7e jour, date à laquelle apparut un effet cytopathogène évident, jusqu'au 11e jour. Les trois séries suivantes reçurent dans les mêmes conditions, 1 ml de virus provenant du premier passage et contenant environ 10^5 DI 50 %. Elles furent soumises à des prélèvements échelonnés depuis 24 h après l'inoculation jusqu'au 7e jour.

Les préparations fixées à l'acide osmique et incluses dans l'Epon ont été examinées, après avoir été colorées 1 h à l'acétate d'uranyle, au microscope Siemens Elmiscope I.

Les expériences répétées trois fois avec l'inoculum le plus important, nous ont permis de faire les observations suivantes :

Aux faibles grossissements, on remarque dès le 2e jour après l'infection des cellules en culture un éclaircissement net d'un certain nombre de noyaux avec margination et densification irrégulière de la chromatine. Le nombre de noyaux présentant un tel aspect augmente avec le temps. A plus fort grossissement on constate dans la plupart de ces noyaux la présence de très nombreuses particules, de petite taille, et de densité moyenne (*fig.* 1). Dans les stades plus avancés leur nombre est parfois si élevé qu'elles peuvent emplir la totalité de l'espace nucléaire (*fig.* 2). Elles mesurent environ 33 mμ de diamètre et sont remarquables par l'homogénéité de leur taille et de leur aspect. Elles ne présentent pas de membranes mais une mince zone externe peu dense et imprécise qui nous semble correspondre à la

capside (*fig.* 3). Dans les noyaux où les particules sont très nombreuses, il n'est pas rare de les voir groupées en amas réguliers et symétriques évoquant une coupe de cristal (*fig.* 3). Ces amas d'aspect cristallin emplissent alors tout le noyau.

Les particules virales apparaissent dans quelques noyaux le 2e jour après l'infection, leur nombre augmente rapidement et le 5e jour de très nombreux noyaux sont infectés. Dans la première série d'expériences (faite avec l'inoculum le plus faible), au 10e jour la presque totalité des noyaux présente un nombre considérable de particules virales qu'on peut voir également à ce stade dans le cytoplasme. Au 11e jour la lyse cellulaire débute.

L'infection des noyaux par le virus SV 40 s'accompagne en dehors de l'apparition des particules de lésions nucléaires et nucléolaires caractéristiques. Les *lésions nucléaires* sont représentées par l'apparition d'amas de grains, très contrastés et à contours irréguliers. Leur taille plus petite (environ 150 Å) et leur densité plus élevée que celles des particules virales permettent de les en distinguer facilement (*fig.* 4).

Les *lésions nucléolaires* nous ont particulièrement frappés par leur netteté et leur fréquence. Elles semblent évoluer parallèlement à l'apparition et à l'augmentation du nombre des particules virales. Dans la masse nucléolaire apparaissent des zones de densité extrêmement élevée, formées d'un très fin réseau de matériel à la fois filamenteux et granulaire (*fig.* 1 et 2). D'autres nucléoles présentent des condensations arrondies, également très denses, et constitués d'un matériel granulo-filamenteux (*fig.* 5 et 6).

Enfin on trouve assez souvent les amas de grains denses, décrits ci-dessus (*fig.* 4), à proximité des nucléoles présentant de telles altérations (*fig.* 5).

Dans les cultures témoins examinées, nous n'avons trouvé ni particules virales ni lésions nucléolaires. Dans les cellules infectées par le virus SV 40 il existe effectivement la vacuolisation du cytoplasme décrite en microscopie optique [1], mais il nous semble que cette lésion ne représente que la conséquence tardive de la présence et du développement des particules virales dans le noyau.

Explication des figures.

Fig. 1 à 6. — Cellules rénales de Cercopithèque
après 10 jours d'infection *in vitro* par le virus SV 40.

Fig. 1. — Portion d'un noyau avec membrane nucléaire (Mn) et nucléoplasme avec de nombreuses particules virales dispersées entre la chromatine. (→) Substance dense apparaissant au sein du nucléole (G × 30 000).

Fig. 2. — Portion d'un noyau dont le nucléoplasme est entièrement remplacé par des myriades de particules virales. (→) Substance dense d'origine probablement nucléolaire. Entre les deux feuillets de la membrane nucléaire quelques virus nettement visibles (G × 30 000).

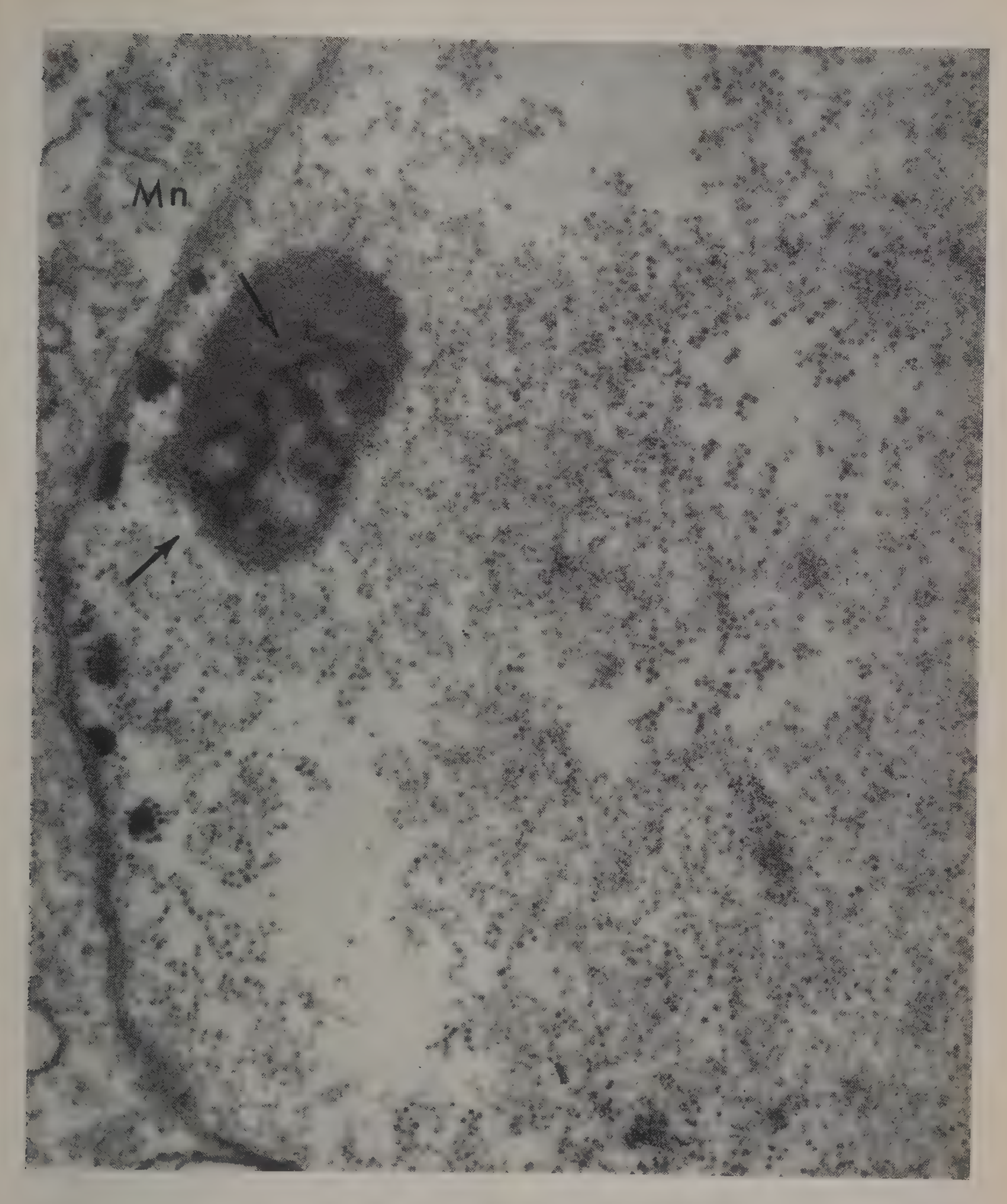


Fig. 1.

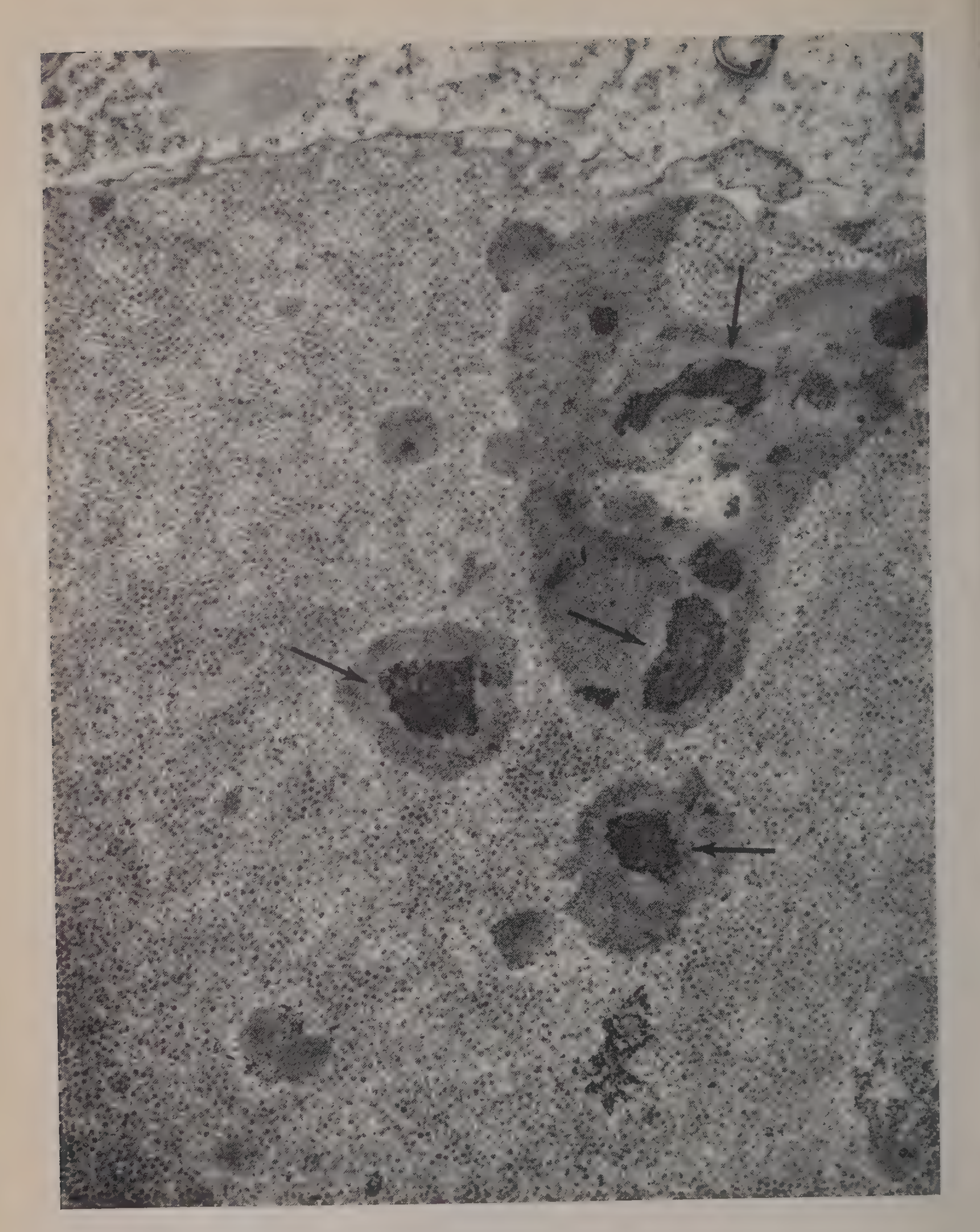


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

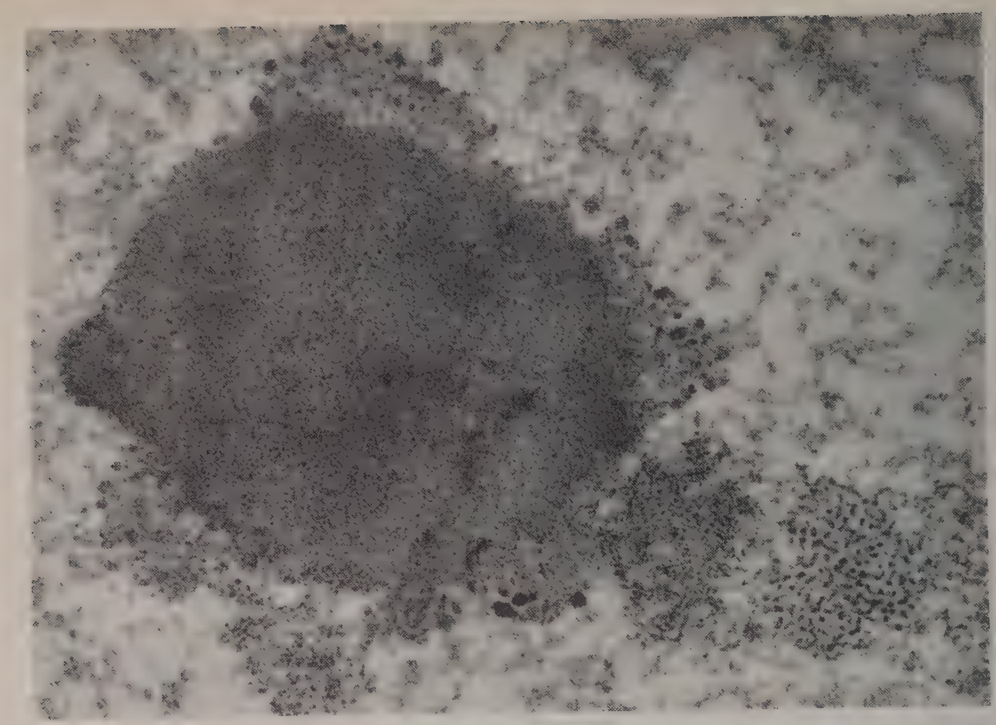


Fig. 5.

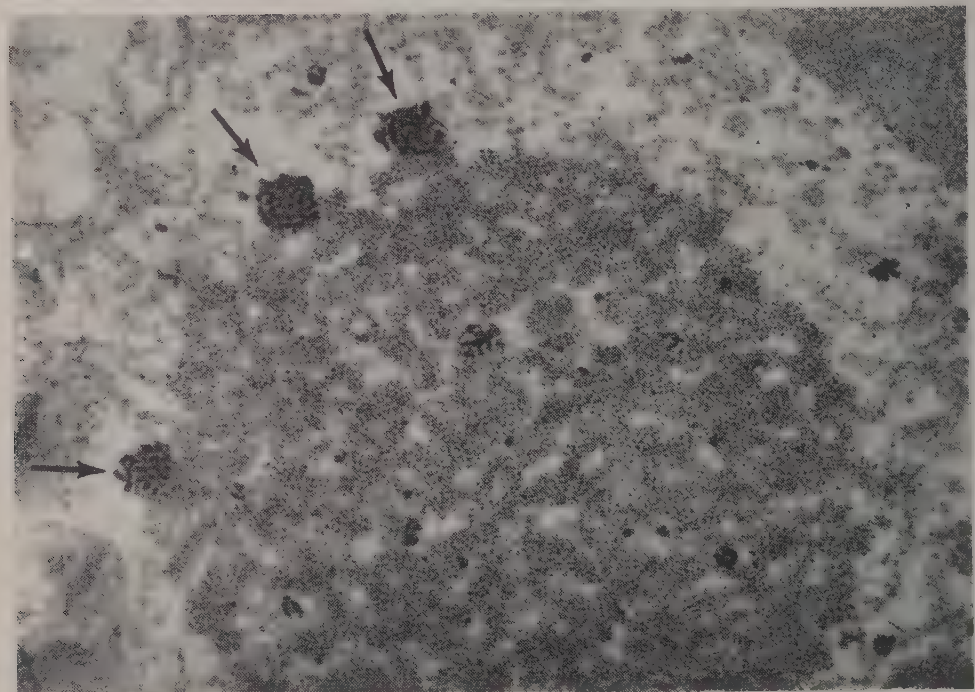


Fig. 6.

Fig. 3. — Particules virales intranucléaires avec arrangement cristallin (G × 50 000).

Fig. 4. — Lésion nucléaire fréquente : amas de granules denses à contours irréguliers d'environ 150 Å de diamètre (G × 60 000).

Fig. 5. — Nucléole homogène d'où se détache une substance granulo-filamenteuse de nature inconnue (G × 30 000).

Fig. 6. — Nucléole d'aspect réticulé. Autre lésion nucléolaire caractéristique de l'infection virale (→) (G × 38 000).

Certains aspects morphologiques de cette infection se rapprochent de lésions décrites à propos d'autres virus : les amas de grains denses du noyau (*fig.* 4) ont été vus dans les cellules infectées par le virus du papillome de Shope (observations non publiées). D'autre part, des condensations nucléolaires comparables à celles des figures 1, 5 et 6 ont été observées dans les cellules infectées par le virus de la varicelle [3], du molluscum contagiosum [4] et du polyome [5].

Enfin, en ce qui concerne leur morphologie, leur localisation et leur groupement, on ne peut manquer d'être frappé par la ressemblance existant entre les particules virales présentes dans les noyaux de cellules de rein de Cercopithèque infectées *in vitro* par le virus SV 40, et le virus du polyome de la souris. Il ne nous semble pas qu'il puisse s'agir du même virus puisque le polyome ne produit pas d'aspect cytopathogène lorsqu'il est mis en présence de cellules de rein de singe.

Cependant, seules des études concernant le pouvoir pathogène, cytopathogène et la constitution antigénique des deux virus pourront fournir la preuve qu'il s'agit bien de deux virus différents.

Ce travail a bénéficié de l'appui financier de la Mutuelle de l'Éducation Nationale.

(1) B. H. Sweet et M. R. Hilleman, *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 105, 1960, p. 420-427.

(2) M. Chany nous a confié le prototype de cette souche virale, que lui avait adressée M. Hilleman.

(3) P. Tournier, F. Cathala et W. Bernhard, *Presse Médicale*, 52, 1957, p. 1230-1235.

(4) R. Dourmashkin et W. Bernhard, *J. Ultrastructure Research*, 3, 1959, p. 11-38.

(5) W. Bernhard, H. L. Febvre et R. Cramer, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 483.

(*Institut de Recherches sur le Cancer,*
Laboratoires de Virologie et de Microscopie électronique, Villejuif, Seine).

IMMUNOLOGIE. — *Propriétés de fragments de molécules d'anticorps antitoxiques (antidiphtériques) obtenus par digestion pepsique du précipité spécifique et réduction.* Note (*) de MM. **Sylvio Iscaki** et **Marcel Raynaud**, présentée par M. Robert Courrier.

La digestion pepsique ménagée d'un précipité spécifique toxine-antitoxine diphtériques de cheval, donne des fragments de molécule dont le principal, séparé par chromatographie sur DEAE-cellulose est floculant et neutralisant. Ce constituant, traité à son tour par la β-mercaptoéthylamine se coupe en fragments monovalents non floculants, non hémagglutinants, mais ayant conservé leur pouvoir de combinaison et de neutralisation.

Nisonoff et ses collaborateurs ([1]), ([2]) ont montré que les fragments d'anticorps de lapin obtenus par digestion pepsique peuvent être transformés par action de la β-mercaptoéthylamine (β-MEA) en fragments univalents non précipitants et inhibiteurs de la précipitation homologue. Ces observations ont permis une interprétation nouvelle des résultats obtenus par Porter ([3]), ([4]) par action de la papaïne sur les mêmes anticorps γ-globuliniques de lapin.

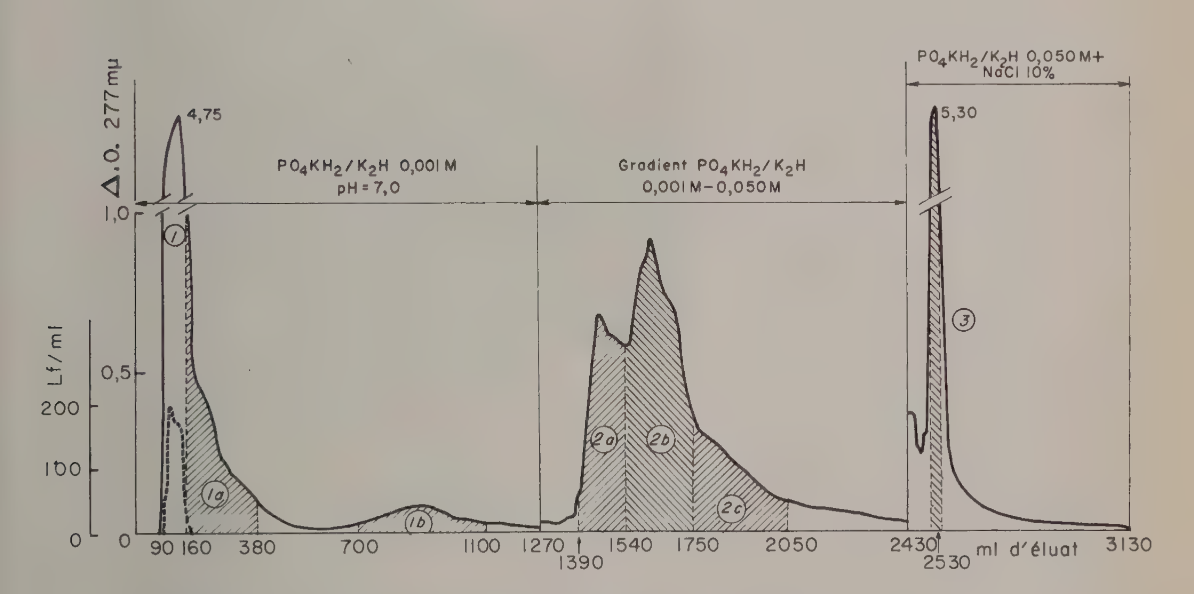
Nous avons trouvé qu'on peut préparer de façon analogue des fragments d'anticorps antitoxiques de cheval. Ces anticorps sont, lorsque l'hyperimmunisation a été suffisamment prolongée des β_2-globulines (synonymes γ_1 ou T-globulines), de constante de sédimentation voisine de 7 unités Svedberg.

Nous avons d'abord préparé des anticorps digérés en soumettant le précipité spécifique toxine-antitoxine à l'action de la pepsine selon une technique analogue à celles qui ont été décrites par Pope ([5]), Sandor ([6]), ([7]) et Yeu ([8]). Après digestion à pH 3,0, neutralisation et élimination de la fraction insoluble à pH 7,0, on obtient une solution contenant divers constituants. Le rendement en anticorps est à ce stade de l'ordre de 50 %. Les différents constituants ont été isolés par chromatographie sur DEAE-cellulose ([9]) (*fig.* 1) et étudiés par ultracentrifugation et immunoélectrophorèse en utilisant pour la détection, d'une part l'antigène (toxine diphtérique pure) d'autre part divers sérums antiglobulines de cheval (tableau I).

Le constituant floculant contenu dans le premier pic contient la plus grande partie des anticorps. Il présente une mobilité à pH 8,2, inférieure à celle des β_2-globulines et légèrement supérieure à celle des γ_2-globulines. L'un d'entre nous ([10]), ([11]) a proposé pour les fragments d'anticorps présentant cette mobilité, la dénomination de constituant β′. Le produit floculant présent dans le premier pic (β'_1) est analogue au fragment obtenu par Nisonoff ([1]), ([2]) par digestion pepsique des γ-globulines de lapin. Il présente une constante de sédimentation égale à 4,5-5,0 unités Svedberg. Il peut être réduit par la β-mercaptoéthylamine à pH 7,0 et à 0° à condition d'utiliser une concentration relativement élevée : 0,100 M. Le produit obtenu après action de la β-MEA a une constante de sédimentation égale à 3,0-3,5 unités Sverdberg. La réduction provoque donc un clivage du fragment floculant β'_1

Tableau I.

Fraction.	Constante de sédimentation.	Réaction de précipitation avec l'antigène (toxine diphtérique).	Réaction avec les sérums antiglobulines de cheval. I.	II.	III.
Produit brut de la digestion (β')..	4,5-5,0	++	+	±	+++
Pic (β'_1)........................	4,5-5,0	+++	0	0	+++
Pic 1 réduit ($\beta'_{1/2}$)..............	3,0-3,5	0	0	0	+++
Pic 2 ($2a+2b$).................	4,5-5,0	+	+	±	+++
Pic 3.........................	—	0	+	±	+++



Chromatographie sur une colonne de DEAE-cellulose (hauteur de l'adsorbant : 30 cm; diamètre : 2,2 cm).

(DEAE-cellulose : 20 g; cellulose inerte : 10 g).

Quantité d'anticorps digérés bruts placés sur la colonne : 19 500 unités L_f, soit 131 mg d'azote. Le liquide effluent est recueilli par fraction de 10 ml.

En trait plein : D. O. à 277 mμ.

En trait pointillé : Concentration en antitoxine en unités L_f/ml.

en fragments plus petits ($\beta_{1/2}$). Ces fragments ne sont plus précipitants, ni hémagglutinants (hémagglutination passive), mais ont conservé leur pouvoir de combinaison, car ils inhibent la précipitation ou l'hémagglutination spécifiques homologues.

Ainsi un mélange contenant de la toxine diphtérique (50 unités L_f), des fragments inhibiteurs (quantité correspondant à 50 unités L_f d'anticorps avant réduction) et des anticorps précipitants (50 unités L_f) ne se trouble pas même après plusieurs heures de contact. Si l'on augmente la quantité d'antigène (toxine) dans ce mélange, on constate que la floculation la plus rapide se produit lorsque la quantité totale d'antigène est équivalente à la somme : anticorps précipitants + fragments inhibiteurs, (ici pour 100 unités L_f de toxine). La mesure de l'azote précipité montre que tout l'azote anticorps correspondant aux fragments inhibiteurs est alors coprécipité. Marrack [12] a observé dans le cas des fragments papaïniques d'anticorps γ-globuliniques de lapin, une coprécipitabilité partielle seulement et irrégulière. Les fragments inhibiteurs non précipitants ont par ailleurs conservé leur pouvoir neutralisant quantitativement et qualitativement, le rapport de dilution [11], [13], [14] restant inchangé.

Le produit obtenu après réduction a été débarrassé de la β-MEA en excès par dialyse ou par passage sur une résine échangeur d'ions et a été « bloqué » par le parachloromercuribenzoate. Il semble donc peu probable qu'il se soit produit une réagrégation *in vivo* sans que cette éventualité puisse être absolument exclue. Les fragments obtenus par réduction des β_2-antitoxines antidiphtériques paraissent donc bien être des fragments monovalents artificiels ayant perdu leur pouvoir précipitant et leur pouvoir hémagglutinant, mais ayant conservé avec leur pouvoir de combinaison, leur pouvoir neutralisant.

(*) Séance du 6 novembre 1961.

(1) A. Nisonoff, F. C. Wissler et D. L. Woernley, *Biochim. Biophys. Res. Comm.*, 1, 1959, p. 318.
(2) A. Nisonoff, F. C. Wissler, L. N. Lipman et D. L. Woernley, *Arch. Biochem. Biophys.*, 89, 1960, p. 230.
(3) R. R. Porter, *Nature*, 182, 1958, p. 670.
(4) R. R. Porter, *Biochem. J.*, 73, 1959, p. 119.
(5) C. S. Pope et M. Healey, *Brit. J. Exp. Pathol.*, 20, 1939, p. 213.
(6) G. Sandor, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1187.
(7) G. Sandor, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 1174.
(8) F. Yeu et D. Pavageau, *Ann. Inst. Pasteur*, 90, 1956, p. 240.
(9) H. A. Sober et E. A. Peterson, *Fed. Proc.*, 17, 1958, p. 1116.
(10) M. Raynaud in *Mechanisms of Hypersensilivity*, Little, Brown and C°, Boston, 1 vol., 1959, p. 27.
(11) M. Raynaud et E. H. Relyveld, *Ann. Inst. Pasteur.*, 97, 1959, p. 636.
(12) J. R. Marrack, *Incomplete Antibodies, in* M. Heidelberger et O. J. Plescia, *Immunological Approaches to problems in Microbiology*, 1 vol., Rutgers Univ. Press., New Brunswick (N. J.), 1961, p. 43.
(13) A. T. Glenny et M. Barr, *J. Path. Bact.*, 35, 1932, p. 91.
(14) B. Cinader et B. Weitz, *J. Hyg.*, 51, 1953, p. 293.

(Laboratoire de Biochimie bactérienne et d'Immunochimie Institut Pasteur, Garches, Seine-et-Oise.)

IMMUNOLOGIE. — *Isolement chromatographique d'une fraction antigénique spécifique de* Candida albicans. Note (*) de MM. **Philippe Tran Van Ky**, **Jean Biguet** et Mlle **Suzanne Andrieu**, présentée par M. René Fabre.

L'application de la chromatographie sur colonne d'amberlite XE 64 au fractionnement des antigènes de *C. albicans* a permis l'isolement dans un état de pureté immunologique d'une fraction spécifique. La préparation relativement aisée de cette fraction facilitera sa purification chimique en vue d'étudier sa composition et ses propriétés allergologiques.

Dans une publication récente, nous avons pu localiser deux antigènes spécifiques (*b* et *d*) de *C. albicans* par rapport à sept espèces de levures étudiées ([1]). Le fractionnement par le sulfate d'ammonium à pH neutre et avec un gradient de concentrations, associé à la chromatographie en tampons continus sur colonne de diéthylaminoéthylcellulose (D.E.A.E.-cellulose) ne nous a conduits jusqu'à présent qu'à l'obtention d'une fraction polyspécifique comprenant quatre déterminants antigéniques dont deux sont spécifiques de *C. albicans*. Il nous a paru digne d'intérêt de compléter ces recherches en mettant en œuvre d'autres méthodes de fractionnement. Les substances perchlorosolubles ([2]) et les précipités phosphotungstiques ([3]), préparés à partir des antigènes bruts, ne contiennent aucun des antigènes spécifiques. Le fractionnement par le sulfate d'ammonium à trois pH différents (pH 4,6, 6 et 7) en utilisant un gradient de concentrations seul ou en combinant le gradient de concentrations avec le gradient de pH n'ont abouti qu'à l'obtention de fractions polyspécifiques. Celles-ci sous-fractionnées par la méthode chromatographique sur colonne de diéthylaminoéthylcellulose réalisée avec un système discontinu de tampon ([4]) ont donné des pics d'élution parfaitement individualisés mais dont aucun ne correspondait à l'isolement d'une fraction spécifique. Après ces échecs, nous avons appliqué la méthode de chromatographie sur les colonnes d'amberlite XE 64 ([5]), ([6]). 500 mg d'antigènes dialysés et lyophilisés dissous dans 20 ml d'une solution de citrate de sodium 0,01 M, pH 3,6, puis dialysés pendant une nuit à 5°C contre ce tampon sont passés sur une colonne d'amberlite XE 64 préparée suivant la technique de Hirs ([7]) et régénérée sous la forme citrate (poids de la résine, 15 g; colonne en verre pyrex de 3 cm de diamètre et de 64 cm de hauteur). L'élution se fait à l'aide du système tampon citrate de sodium-acide citrique dont la concentration varie de façon discontinue de 0,01 à 0,5 M. Des fractions de 4 ml sont recueillies avec un collecteur automatique de fractions. Ces éluats sont mesurés par spectrophotométrie à 278 mμ. Les fractions sont lyophilisées après dialyse contre l'eau distillée.

Résultats. — La courbe d'élution (*fig.* 1) fournit 10 pics chromatographiques : trois (D_1, D_2, D_3) obtenus avec une solution citrate 0,01 M,

pH 3,6; cinq (D_4, D_5, D_6, D_7, D_8) avec une solution citrate 0,25 M, pH 6 et enfin deux (D_9, D_{10}) avec une solution citrate 0,5M, pH 6,1. La révélation immunoélectrophorétique des pics isolés par un antisérum *C. albicans*

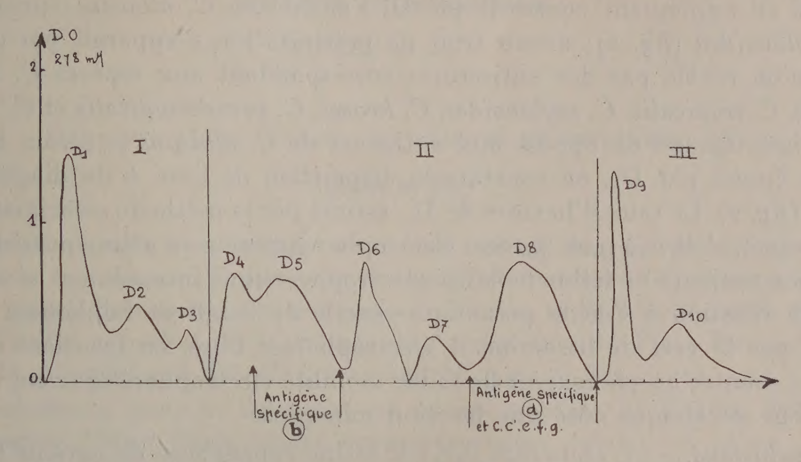


Fig. 1. — Séparation chromatographique sur D.E.A.E.-cellulose de l'antigène *C. albicans*. L'antigène spécifique se localise dans un état de pureté immunologique dans D_5.

nous apprend que D_3 et D_9 exceptés, tous les pics sont immunologiquement actifs et que D_5 et D_8 contiennent chacun une fraction spécifique de *C. albicans*. La comparaison des immunoélectrophorégrammes de ces deux pics avec celui formé par l'antigène complet *C. albicans* localise la fraction spécifique *d* dans D_8 et *b* dans D_5. Le pic D_8 présente peu d'intérêt parce que

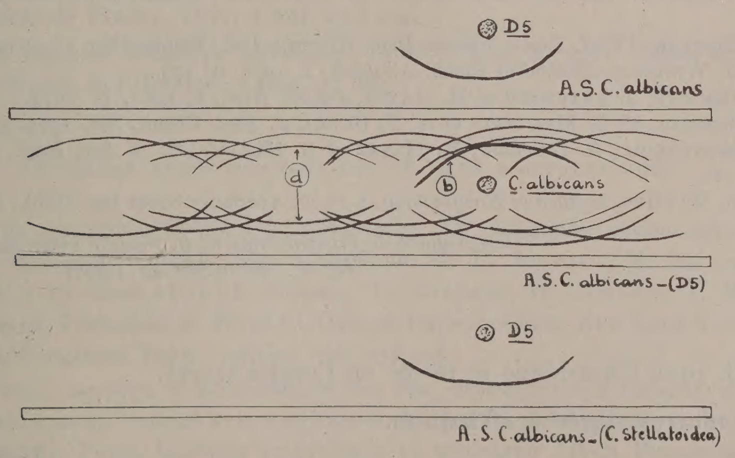


Fig. 2. — Étude immunoélectrophorétique en gélose à pH 8,2.

Un seul arc est révélé quand on dirige contre D_5 l'antisérum *C. albicans*. L'utilisation de l'immunsérum *C. albicans* et du même antisérum épuisé par D_5 montre la disparition de cet arc du diagramme total. Ce même arc reste également présent lorsqu'on lui oppose un antisérum *C. albicans* épuisé par *C. stellatoidea*. Ces trois expériences concourent à démontrer la nature spécifique de l'arc isolé et à lui faire correspondre le composant antigénique spécifique *b* de *C. albicans*.

cinq fractions non spécifiques sont mises en évidence. La fraction *b* est seule à être révélée dans le pic D_5. Les expériences suivantes confirment la nature spécifique de cette fraction : un seul trait de précipitation est révélé en appliquant contre le pic D_5 l'antisérum *C. albicans* épuisé par *C. stellatoidea* (*fig.* 2); aucun trait de précipitation n'apparaît par contre lorsqu'on révèle par des antisérums correspondant aux espèces *C. stellatoidea, C. tropicalis, C. zeylanoides, C. krusei, C. pseudotropicalis* et *C. macedoniensis*. Quand on oppose aux antigènes de *C. albicans* le sérum homologue épuisé par D_5, on constate la disparition de l'arc *b* du diagramme total (*fig.* 2). Le taux d'hexoses de D_5, estimé par la méthode colorimétrique à l'orcinol, s'élève à 9,08 %. Son électrophorégramme en gélose possède une fraction majeure de faible mobilité électrophorétique intensément révélable par la réaction à l'acide periodique-réactif de Schiff et faiblement colorable par le vert de lissamine. L'électrophorèse libre, en frontière ascendante, montre un pic majeur de faible mobilité électrophorétique sur lequel se greffe de chaque côté une fraction mineure.

Conclusions. — L'amberlite XE 64, résine échangeuse de cations faiblement acide et régénérée sous sa forme citrate, a permis l'isolement d'une fraction spécifique de *C. albicans*. Cette fraction étudiée par l'immunoélectrophorèse s'est comportée comme si elle était pure, encore que l'électrophorèse libre en frontière ascendante ait révélé qu'elle était souillée de deux fractions protéiques mineures immunologiquement inactives.

(*) Séance du 30 novembre 1961.

(1) J. Biguet, R. Havez, Tran Van Ky et R. Degaey, *Ann. Inst. Pasteur*, 100, 1961, p. 13.
(2) G. Biserte, *IVe J. Bioch. Franco-Helv. Hispano-Ital.*, Montpellier, 13-16 mai 1957.
(3) R. J. Wingler, *Method of Bioch. Analysis*, 2, 1955, p. 279.
(4) G. Biserte, J. Laturaze et R. Havez, *Pathol. Biol.*, 9, 1961, p. 1673.
(5) K. Schmid. M. B. Mac Nair et A. F. Burgi, *J. Biol. Chem.*, 230, 1959, p. 853.
(6) J. Montreuil, A. Chosson, R. Havez et S. Mullet, *C. R. Soc. Biol.*, 154, n° 4, 1960, p. 732.
(7) C. H. W. Hirs, *Method of Enzymology*, I, 1955, Academy Press Inc. Publ., New-York.

(*Laboratoire de Parasitologie de la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Lille.*)

A 16 h 10 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 45 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1961.

(*Suite et fin.*)

Acta universitatis Upsaliensis, nº 6 : *Nuclear characteristics derived from directional correlation and resonant scattering experiments*, by Zbigniew Grabowski; nº 7 : *Single particle and collective aspects of some odd-A nuclei*, by Tito Suter; nº 8 : *Experimental studies of nuclear Levels and transition probabilities*, by Pilar Reyes-Suter. Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1961; 3 fasc. 24 cm.

Introduction to nonlinear differential and integral equations, by Harold T. Davis. Washington, United States Atomic energy commission, 1960; 1 vol. 23 cm.

Muzeul de istorie naturală Grigore Antipa 1831-1961. Bucuresti, Biblioteca centrală universitară; 1 vol. 33,5 cm.

Services et assistance technique offerts par l'Agence internationale de l'Énergie atomique. Vienne, Autriche, 1961; 1 fasc. 21 cm.

Collection universitaire de mathématiques. T. 7 : *Algèbre et analyse. Exercices. Illustration du cours de mathématiques générales*, par Guy Lefort. Paris, Dunod, 1961; 1 vol. 25 cm.

Que sais-je ? *L'étude physique de la terre*, par Charles Maurain. Paris, Presses universitaires de France, 1961; 1 vol. 17,5 cm.

Muséum national d'histoire naturelle. Tome I, fasc. 2, 1961. *Objets et Mondes.* Paris, au Musée de l'Homme; 1 fasc. 27 cm.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1961.

Tables de constantes et données numériques. 12. *Constantes sélectionnées relatives aux semi-conducteurs*, établi sous la direction de P. Aigrain, M. Balanski, par C. Benoit a la Guillaume, R. Coehlo, O. Garreta, H. Guennoc, C. Sébenne, J. Tavernier. Préface de H. Welker, Oxford, Paris, Londres, New York, Los Angeles, Francfort, Pergamon Press, 1961; 1 vol. 27,5 cm.

Les œuvres complètes d'Archimède suivies des commentaires d'Eutocius d'Ascalon, traduites du grec en français avec une introduction et des notes, par Paul Ver Eecke. Tomes I et II. Paris, Librairie scientifique et technique Albert Blanchard; 2 vol. 27,5 cm.

Traité de systématique bactérienne, Tomes I et II, par André-Romain Prévot. Paris, Dunod, 1961; 2 vol. 25 cm (présenté par M. Pierre Lépine).

Universytet Warszawski Wydzial Geologii. *Biuletyn geologiczny.* Tom I. Poswiecony VI Kongresowi Inqua (cz. 1). Warzawa, Dzial Wydawnictw U. W., 1961; 1 vol. 24,5 cm.

International mathematical Union. *Report of the executive committee to the national adhering organizations*. Covering the period from June 1, 1958 to december 31, 1960; 1 fasc. 21 cm.

Aimé Bonpland. Alexander von Humboldts Begleiter auf der Amerikareise 1799-1804. Sein Leben und Wirken, besonders nach 1817 in Argentinien, von WILHELM SCHULZ. Extrait de *Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz. Abhandlungen der Mathematischnaturwissenschaftlichen Klasse Jahrgang* 1960, nr 9. Wiesbaden, Kommission bei Franz Steiner Verlag; 1 fasc. 25 cm.

Lietuvos T. S. R. Mokslu Akademija centrine biblioteka. *Bibliotekininkysté ir Bibliografija*. I. Vilnius, Valstybiné politines ir Mokslines literatūros Leidykla, 1961; 1 vol. 23 cm.

Éphémérides nautiques pour l'an 1962. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars; 1 vol. 27 cm.

Congresso internazionale dell'Automazione. Organizzato dalla Associazione nazionale italiana per l'automazione, Torino 24-26 settembre 1961 sotto gli auspici del Comitato italia 61. *Parte prima*; 1 vol. 30 cm et *Parte seconda*, 1 fasc. 30 cm.

Constitutional Science. Part III : *The cause and Treatment of Rheumatism and Neuralgia*, by YOSHIO OKAHARA. Part. IV : *Causes and Treatment of Hyperpiesia, Hypotension and Cardiac and Renal Diseases*, by YOSHIO OKAHARA. Tokyo, Research Institute of Constitutional Sciences, s. d.; 2 fasc. 26 cm.

(*A suivre.*)